



Etude pétrologique et métallogénique du massif ophiolitique de Tropoja, Albanie : référence particulière aux gisements de chromite et éléments du groupe du platine

Adil Neziraj

► To cite this version:

Adil Neziraj. Etude pétrologique et métallogénique du massif ophiolitique de Tropoja, Albanie : référence particulière aux gisements de chromite et éléments du groupe du platine. Pétrographie. Université d'Orléans, 1992. Français. NNT : . tel-00785994

HAL Id: tel-00785994

<https://theses.hal.science/tel-00785994>

Submitted on 7 Feb 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**UNIVERSITE
D'ORLEANS**

**CNRS-CRSCM
ORLEANS**

GDR (BRGM-CNRS-UNIVERSITE D'ORLEANS)

THESE

**présentée à l'Université d'Orléans pour
l'obtention du titre de**

**DOCTEUR DE L'UNIVERSITE D'ORLEANS
(nouveau régime)**

par

Adil NEZIRAJ

**Etude pétrologique et métallogénique du massif
ophiolitique de Tropoja, Albanie.
Référence particulière aux gisements de chromite
et éléments du groupe du platine.**

**Soutenue publiquement le 18 décembre 1992 devant la commission
d'examen :**

**MM. J. CHARVET..... Président
J. BEBIEN..... Rapporteur
A. ÇINA..... Rapporteur
Z. JOHAN..... Examineur
D. OHNENSTETTER..... Examineur
M. OHNENSTETTER..... Examineur,
directeur de Thèse
D. WATKINSON..... Examineur**



***A mon père
décédé quelques jours
après mon arrivée en France.***

***A ma femme et à mes enfants
qui m'ont beaucoup manqués
pendant toutes ces années.***



AVANT-PROPOS

Il y a douze ans que j'ai commencé à travailler sur le massif ophiolitique de Tropoja. Pendant ces années, j'ai beaucoup collaboré avec mes collègues MM. Hoxha, Mekshiqi, Kuliçi, Ponari, Trezhnjeva, Osmani, Vukaj, Ismaili, Ahmetaj, Neza, Haxhiaj, Gabraj, Mulosmani... de l'Entreprise Géologique de B. Curri, qui m'ont accompagné sur le terrain et avec lesquels j'ai souvent discuté. Ainsi, tous, je tiens particulièrement à les remercier ici.

Je n'oublierai pas les habitants des régions où j'ai fait du terrain, pour l'accueil chaleureux qu'ils m'ont toujours réservé.

Il y a un peu plus de cinq ans que l'on m'a offert la possibilité de faire une Thèse en France. Je tiens donc à remercier, pour la confiance qu'ils m'ont accordée, MM. Çina et Caslli, à l'époque, respectivement directeur de l'Institut d'Etudes et de Projets Géologiques de Tirana et directeur du Service Géologique au Ministère de l'Industrie et des Mines. C'est M. Çina qui m'a orienté vers Orléans, et plus exactement vers le CNRS et le BRGM, où il avait pour amis : M. Z. Johan et Mme M. Ohnenstetter. Je remercie donc M. Çina pour avoir été l'initiateur de ma thèse et d'être, aujourd'hui, à la conclusion de ce travail puisqu'il a accepté d'en être l'un des rapporteurs.

Je tiens particulièrement à remercier Mme M. Ohnenstetter qui a bien voulu m'accueillir dans ce laboratoire (CRSCM), me permettant ainsi d'effectuer ce travail. Elle a su me faire profiter de sa grande expérience, en me prodiguant des remarques pertinentes tout au long de cette étude, ce qui a permis de l'améliorer.

M. D. Ohnenstetter trouvera une grande place dans mes remerciements pour sa grande disponibilité pour ses conseils et les corrections apportées à ce mémoire, mais aussi pour sa gentillesse et, enfin, pour sa participation à mon jury.

M. C. Fontaine sera vivement remercié. Gentil, toujours disponible, il nous a beaucoup donné de son bagage en informatique, il a fait tout son possible pour que ce mémoire et l'exposé soient bien présentés.

M. Z. Johan, Directeur du laboratoire à l'époque de mon arrivée, a été l'un des principaux instigateurs de la collaboration entre le CRSCM et l'Institut de Tirana. Je le remercie également d'avoir bien voulu participer à mon jury.

Je remercie M. le Professeur J. Bébien, de l'Université d'Orsay, pour avoir accepté d'être rapporteur de ce travail et pour sa participation à mon jury.

M. le Professeur D. H. Watkinson, de l'Université de Carleton, sera également remercié pour s'être spécialement déplacé du Canada afin de participer à mon jury.

Je tiens à remercier tout spécialement M. le Professeur J. Charvet qui a bien voulu présider ce jury.

Mon collègue et ami Nuredin Karaj sera particulièrement remercié

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

pour les discussions fructueuses que nous avons eues et pour ses encouragements.

Dans ces remerciements une place particulière est faite à l'équipe sympathique du laboratoire de CRSCM et à son joyeux directeur M. M. Pichavant.

Je tiens à remercier plus particulièrement MM Moëlo, Augé, Legendre et Robert pour les discussions enrichissantes, M. Linnen pour ses traductions en anglais et Mesdames Le Coq, Gandolfo, Benoist et Humbert, M. et Mme Bény, MM. Marmet, Lefèvre... pour leur amitié envers moi. Je remercie aussi tous les étudiants du laboratoire pour leurs encouragements.

Je tiens beaucoup à remercier M. et Mme Djara pour leur accueil très chaleureux et pour leur encouragement.

Pour l'aide qu'ils m'ont donnée, je tiens à remercier MM. K. Ibrahimi et A. Peshkëpia.

Je remercie tous mes amis, MM. Shtuka et Themeli, Melle Kerrouche, Mme Tessier, M. Hasku, Mme Kazazi et Melle Rambli... qui m'ont encouragé tout au long de ce travail.

Je veux également remercier tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail :

- MM. C. Gilles, O. Rouer et D. Ohnenstetter pour la qualité des analyses à la microsonde électronique ;

- MM. J. Breton (BRGM) et P. Blanc (Université de Paris VI) pour les analyses qualitatives au MEB et également M. Kohler (Université de Nancy) pour la très bonne qualité des photos de MGP au MEB.;

- Mesdames Bosch (Laboratoire de Tectonique et Géotectonique de l'Université de Montpellier-2), Vachet (Laboratoire de Minéralogie et Cristallogénie de l'Université de Paris-7) et Cantagrel (Université de Clermont-Ferrand-2), pour les analyses chimiques sur roche totale ;

- et enfin, l'équipe du laboratoire NAS au Canada et Mme Robert au CRSCM pour les analyses chimiques des éléments du groupe du platine.

Je n'oublierais pas de remercier vivement M. D. Guéant pour l'excellente qualité des sections polies, qui m'a grandement facilité la recherche des grains de MGP.

- M. G. Beauvais sera remercié pour la préparation des lames minces.

Enfin, je remercie beaucoup ma femme Suzana, ma fille Suela, mon fils Andi, qui ont supporté mon absence pendant ces années, ma mère, mes soeurs et mes frères qui m'ont toujours encouragé, malgré l'éloignement.

Que tous soient persuadés de ma gratitude et de ma reconnaissance.

SOMMAIRE

RESUME	12
ABSTRACT	13
PERMBLEDHJE	14
PREMIERE PARTIE :	

Le massif ophiolitique de Tropoja dans le cadre des ophiolites des Albanides.

Chapitre I :

I. Position de la zone ophiolitiques de Mirdita dans la ceinture ophiolitique Alpine.	16
I.1. Introduction.	16
I.2. Pétrographie et minéralogie de différentes unités.	16
I.2.1. Généralités.	16
I.2.2. Description pétrographique et minéralogique des différentes unités.	20
I.2.2.1. Tectonites mantellique.	20
I.2.2.2. Cumulats ophiolitiques.	20
I.2.2.3. Roches gabbroïques et plagiogranites.	21
I.2.2.4. Complexe filonien.	21
I.2.2.5. Série volcano-sédimentaire.	22
I.3. Répartition pétrologique et métallogénique des ophiolites des Albanides.	22
I.4. Différentes hypothèses sur l'origine des ophiolites des Albanides.	27

Chapitre II.

II. Massif ophiolitique de Tropoja.	31
II.1. Caractères généraux.	31
II.2. Géologie du massif.	31
II.2.1. Géologie du manteau.	35
II.2.1.1. Harzburgites.	35
II.2.1.2. Harzburgites à micas.	35
II.2.1.3. Dunites.	36
II.2.2. Géologie des cumulats.	37
II.2.2.1. Cumulats du secteur de Stoberdë.	37

II.2.2.2. La séquence cumulative au Sud de Kam.	39
II.2.3. Roches effusives.	41
II.2.4. Formation superficielles.	42
II.3. Formations encaissantes du massif.	42
II.4. Structure du massif.	43
II.4.1. Différents types de structures reconnues.	43
II.4.2. Définitions.	43
II.4.3. Commentaire structural du massif.	46
II.5. Importance des décrochements.	50
 DEUXIEME PARTIE :	
Etude pétrologique, métallogénique et géochimique.	53
Introduction.	53
 A. Etude des unités lithologiques.	 56
 <i>Chapitre I.</i>	
I. Rappel sur la texture des roches.	56
I.1. Textures présentées par des cumulats basiques et ultrabasiques dans des complexes lités ou stratifiés.	56
I.2. Textures des tectonites.	58
I.2.1. Roches sans foliation.	58
I.2.2. Roches foliées.	60
I.2.3. Tectonites d'origine mantellique.	60
 <i>Chapitre II.</i>	
II. Péridotites.	62
II.1. Harzburgites mantelliques.	62
II.1. 1. Pétrographie.	62
II.1.2. Chimie des minéraux.	63
II.1.2.1. L'olivine.	63
II.1.2.2. L'orthopyroxène.	64
II.1.2.3. Le spinelle chromifère.	70
II.1.2.4. Le clinopyroxène.	75
II.1.2.5. Les amphiboles.	77
II.1.3. Diagrammes de terres rares.	80

II.2. Harzburgites, wehrlites et lherzolites cumulatives.	80
II.2.1. Pétrographie.	80
II.2.2. Chimie des minéraux.	80
II.2.2.1. L'olivines.	80
II.2.2.2. L'orthopyroxène.	81
II.2.2.3. Le spinelle chromifère.	82
II.2.2.4. Le clinopyroxène.	85
II.2.2.5. Les amphiboles.	86
II.3. Evolution du manteau et des cumulats.	87
II.3.1. Variations NE-SW.	88
II.3.2. Variations NW-SE.	88
II.3.3. Variations dans les cumulats.	89
II.4. L'appartenance du massif ophiolitique de Tropoja.	89
 <i>Chapitre III.</i>	
III. Les dunites.	90
III.1. Dunites mantelliques.	90
III.1.1. Pétrographie.	90
III.1.2. Chimie des minéraux.	91
III.1.2.1. L'olivine.	91
III.1.2.2. Le spinelle chromifère.	92
III.1.2.3. Le clinopyroxène.	95
III.1.2.4. L'orthopyroxène.	96
III.1.2.5. Les amphiboles.	96
III.2. Dunites cumulatives.	96
III.2.1. Pétrographie.	96
III.2.2. Chimie des minéraux.	97
III.2.2.1. L'olivine.	97
III.2.2.2. Le spinelle chromifère.	97
III.2.2.3. Le clinopyroxène.	99
III.2.2.4. L'orthopyroxène.	99
III.2.2.5. Les chlorites.	99
III.3. Discussion sur l'origine des dunites.	101
III.3.1. Différentes hypothèses sur la formation des dunites.	101
III.3.2. Formation des dunites du massif de Tropoja.	101

Chapitre IV.

IV. Les pyroxénites s.l.	103
IV.1. Introduction.	103
IV.2. Pétrographie.	103
IV.3. Chimie des minéraux.	104
IV.3.1. L'olivine.	104
IV.3.2. Le clinopyroxène.	104
IV.3.3. L'orthopyroxène.	105
IV. 3.4. Le spinelle chromifère.	107
IV.3.5. Les amphiboles.	109
IV.4. Diagramme de terres rares.	109

Chapitre V.

V. Gabbros s.l. et anorthosites.	110
V.1. Gabbros s.l.	110
V.1.1. Introduction.	110
V.1.2. Pétrographie.	110
V.1.3. Chimie des minéraux.	111
V.1.3.1. Le plagioclase.	111
V.1.3.2. Le clinopyroxènes.	111
V.1.3.3. L'orthopyroxène.	112
V.1.3.4. Les amphiboles.	112
V.1.3.5. Les zéolites.	112
V.1.4. Diagrammes de terres rares.	116
V.2. Anorthosites.	119

Chapitre VI.

VI. Roches effusives., autres roches associées au complexe ophiolitique, leur géochimie.	122
VI.1. Introduction.	122
VI.2. Roches effusives. Pétrographie et chimie des minéraux.	122
VI.2.1. Métabasaltés.	122
VI.2.2. Dolérites.	123
VI.3. Autres roches associées au complexe ophiolitique.	124
VI.3.1. Amphibolites.	124

VI.3.2. Granites.	124
VI.4. Géochimie des roches.	125
VI.4.1. Variations des éléments.	125
VI.4.2. Diagrammes triangulaires.	126
VI.4.3. Diagrammes de Miyashiro et de McDonald et Katsura.	126
VI.4.4. Diagrammes des éléments en trace.	130
VI.5. Diagrammes des terres rares.	130
VI.5.1. Roches effusives et amphibolites.	133
VI.5.2. Anorthosites et granites.	133
B. Minéralisation chromifère.	135
 <i>Chapitre I.</i>	
I. Caractéristiques des gisements podiformes.	135
I.1. Généralités.	135
I.2. Caractéristique des gisements podiformes.	136
I.3. Classification structurale des gisements podiformes.	137
I.4. Textures des chromitites.	140
 <i>Chapitre II.</i>	
II. Répartition géographique et structurale des gisements de chromite dans le massif de Tropoja. Leur morphologie.	143
II.1. Introduction.	143
II.2. Répartition géographique et structurale.	143
II.3. Morphologie des gisements de chromite.	145
II.4. Description des corps minéralisés.	145
II.4.1. Les gisements concordants. Gisements de Rragam-1.	146
II.4.1.1. L'encaissant, lithologie et structure.	146
II.4.1.2. Forme du corps minéralisé, structures internes et relations avec l'encaissant.	146
II.4.2. Les gisements subconcordants. Gisements Rragam-2.	148
II.4.2.1. L'encaissant, lithologie et structure.	148
II.4.2.2. Forme du corps minéralisé, structures internes, relation avec l'encaissant.	150
II.4.3. Les gisements discordants. Indice Dunishë.	150
II.4.3.1. L'encaissant, lithologie et structure.	150

II.4.3.2. Morphologie du corps minéralisé, structures internes et relations avec l'encaissant.	152
 <i>Chapitre III.</i>	
III. Etude sur les type de minerai.	153
III.1. Différentes textures de chromite.	153
III.1.1. Minerai à texture massive.	153
III.1.2. Minerai disséminé.	155
III.1.3. Minerai à texture rubanée et en schlieren.	155
III.1.4. Minerai à texture nodulaire.	157
III.1.5. Formation des minerais à texture nodulaire.	162
III.1.6. Autres types de minerai.	165
III.1.7. Association et organisation texturale.	165
III.2. Composition chimique des minerais.	171
III.3. Conclusions de l'étude texturale.	174
 <i>Chapitre IV.</i>	
IV. Composition chimiques des chromites.	175
IV.1. Introduction.	175
IV.2. Composition chimique des chromites mantelliques.	175
IV.2.1. Variations de la composition des chromites mantelliques.	176
IV.2.2. Variations de la composition chimique selon les niveaux minéralisés.	176
IV.2.3. Variations de la composition chimique au sein des gisements.	182
IV.2.4. Variation de la composition chimique à petite échelle.	183
IV.3. Relations entre les spinelles des chromitites et celles des dunites d'épentes et des harzburgites.	184
IV.3.1. Les gisements du secteur A.	185
IV.3.1.1. Qafa e Luzhës.	185
IV.3.1.2. Shtegu i Rragamit.	185
IV.3.2. Les gisements du secteur B.	186
IV.3.2.1. Indice de Dunishë.	186
IV.3.2.2. Indice de Veterr.	187
IV.3.2.3. Gisement de Tpla.	188
IV.3.2.4. Gisement de Gryka e Keqe.	188

IV.3.3. Les gisement du secteur C.	189
IV.3.3.1. Gisement de Zogaj Fushë.	189
IV.3.3.2. Gisement de Zogaj-5.	191
IV.3.3.3. Gisement de Lugu i Gjinit.	192
IV.3.3.4. Gisement de Mëhallë Arë.	192
IV.3.3.5. Indice de Shtylla e Tensionit Pac.	193
IV.4. Composition chimique des chromites cumulatives.	195
IV.5. Minéraux interstitiels et inclus dans la chromite.	201
IV.5.1. Olivine.	202
IV.5.2. Amphiboles.	207
IV.5.3. Chlorites.	207
IV.5.4. Clinopyroxène.	208
IV.5.5. Serpentes.	208
IV.5.6. SMB et MGP.	209
IV.5.7. Uraninite (U_3O_8)	209

Chapitre V.

V. Discussion sur la formation de la minéralisation chromifères.	210
V.1. Modèles antérieurs sur la formation de gisements de chromite.	210
V.2. Formation de gisements de chromite dans le massif de Tropoja.	212

TROISIEME PARTIE.

Minéralisation en E.G.P.

Chapitre I.

I. Généralités, cadre géologique, méthodologie de travail.	218
I.1. Introduction.	218
I.2. Généralités sur les E.G.P.	219
I.2.1. Propriétés chimiques.	219
I.2.2. Tendances géochimiques.	219
I.2.3. Utilisations industrielle.	220
I.2.4. Exploitation des E.G.P.	220
I.2.5. Historique des E.G.P. dans le massif ophiolitique de Tropoja.	220
I.3. Cadre géologique.	221
I.3.1. Géologie du secteur de Stoberdë.	221

I.3.2. Géologie de l'indice de Bregu i Bibës.	224
I.3.3. Indice de Maja e Sukës.	226
I.4. Méthodologie de travail.	227
I.4.1. Critères de sélection des échantillons.	227
I.4.2. Préparation des échantillons.	228
I.4.3. Observations au microscope métallographiques.	228
I.4.4. Etude au M.E.B.	229
I.4.5. Analyses à la microsonde électronique.	229
I.4.6. Corrections des analyses.	230
I.4.7. Provenance des échantillons.	231
 Chapitre II.	
II. Etudes statistiques des M.G.P.	232
II.1. Répartition statistique des échantillons et des grains qu'ils contiennent.	232
II.2. Position des grains des M.G.P.	234
II.3. Répartition des la surface des grains.	234
II.4. Répartition statistique des M.G.P. dans le massif de Tropoja.	236
II.5. Répartition de la minéralisation en Pt, Pd, et Rh dans l'indice de Bregu i Bibës.	238
II.6. Répartition des phases dans les indices de Vlad. et de Maja e Sukës.	239
II.7. Relations entre la somme (Pt+Pd), la surface des grains et le nombre des grains par échantillons pour l'indice de Bregu i Bibës.	240
 Chapitre III.	
III. Teneurs en E.G.P., description des spectres.	243
III.1. Introduction.	243
III.2. Les roches.	243
III.3. Minéralisation chromifère.	244
III.4. Allure des spectres des MGP et origine des roches.	248
III.5. Quatre types de minéralisations en E.G.P.	249
III.6. Rappel sur la signification des spectres.	251
III.7. Mode d'expression des MGP.	254
III. 8. Trois stades de minéralisation en E.G.P.	255

III.9. Relations platinoïdes, chomites et silicates.	256
III.9.1. Chromite.	256
III.9.2. Silicate.	262
III.9.3. Relations chromites-M.G.P.	263

Chapitre IV.

IV. Etude minéralogie et géochimique.	266
A. Alliages.	266
IV.1. Système Pt-Fe	266
IV.1.1. Isoferroplatine Pt_3Fe .	266
IV.1.2. Innomé Pt_2Fe .	270
IV.1.3. Tétraferroplatine $PtFe$.	271
IV.1.4. Innomé Pt_2Fe_3 .	272
IV.1.5. Diagrammes triangulaires.	273
IV.2. Système Pt-Fe-Cu.	275
IV.2.1. Tulameenite Pt_2FeCu .	275
IV.3. Système Rh-Fe.	279
IV.3.1. Innomé $RhFe$.	279
IV.4. Système Pd-Cu.	280
IV.4.1. Innomé $PdCu_3$.	280
IV.4.2. Innomé $PdCu_2$.	283
IV.4.3. Innomé $PdCu$.	283
IV.4.4. Innomé Pd_2Cu .	284
IV.4.5. Innomé $PtPdCu$.	284
IV.5. Système Pt-Cu.	285
IV.5.1. Innomé $PtCu_3$.	285
IV.5.2. Innomé $PtCu_2$.	285
IV.5.3. Innomé Pt_2Cu .	286
IV.6. Système Pt-Ni-Fe.	286
IV.6.1. Innomé $PtNi_2Fe$.	286
IV.7. Système Os-Ir.	287
IV.7.1. Osmium, Os.	287
IV.7.2. Iridium, Ir.	289

IV.8. Système Ni-Ru-Fe.	289
IV.8.1. Innomé NiRu.	289
IV.9. Système Fe-Ni.	290
IV.9.1. Awwaruite, Ni_3Fe ou Ni_2Fe .	290
IV.10. Métaux natifs.	291
IV.10.1. Platine, Pt.	291
IV.10.2. Cuivre, Cu.	292
B. Sulfures.	292
IV.11. Système Ru-S.	292
IV.11.1. Laurite, RuS_2 .	292
IV.11.2. Erlichmanite, OsS_2 .	297
IV.11.3. Innomé RuS.	298
IV.11.4. Innomé Ru_3S_3 .	298
IV.11.5. Innomé Ru_2S .	299
IV.11.6. Kashinite, $(\text{Ir,Cu...})_2\text{S}_3$.	300
IV.11.7. Bowicite, $(\text{Ir,Rh..})_2\text{S}_3$.	300
IV.12. Système (Pt,Rh,Pd...)-S.	302
IV.12.1. Cooperite, PtS.	302
IV.12.2. Braggite, $(\text{Pt,Pd,Ni})\text{S}$.	302
IV.12.3. Innomé CuPtRhS_4 .	304
C. Arséniures.	304
IV.13. Systèmes Pt-As et Ru-As.	304
IV.13.1. Sperrylite, PtAs_2 .	304
IV.13.2. Anduoïte, RuAs_2 .	305
IV.13.3. Innomé $(\text{Rh,Pd,Ni,Cu})_3\text{As}$.	306
D. Sulfoarséniures.	307
IV.14. Système Rh-As-S.	307
IV.14.1. Hollingworthite.	307
IV.14.2. Innomé $(\text{Rh,Ru,Cu,Ir,Os})_2\text{S}_2\text{As}$.	309
IV.14.3. Innomé $\text{Ni}(\text{Rh,Pd,Ir,Pt,Ru})_2(\text{As,S})_4$.	311
E. Tellurures.	311
IV.15. Systèmes Rh-Te et Pd-Te.	311
IV.15.1. Innomé RhTe.	311

IV.15.2. Keithconnite, Pd_3Te .	313
F. Sulfures de métaux de base (S.M.B.).	313
IV.16. Système Ni-S.	313
IV.16.1. Millerite, NiS .	313
IV.16.2. Heazlewoodite, Ni_3S_2 .	315
IV.17. Système Fe-Ni-S.	316
IV.17.1. Pentlandite, $(\text{Fe},\text{Ni})_9\text{S}_8$.	316
IV.18. Système Fe-Cu-S.	317
IV.18.1. Chalcopyrite, CuFeS_2 .	317
IV.18.2. Bornite, Cu_5FeS_4 .	318
G. Associations des MGP.	318
IV.19. Différentes associations.	318
IV.19.1. Association M.G.P.-chromite.	321
IV.19.2. Association M.G.P.-silicates.	321
IV.19.3. Association M.G.P.-S.M.B.	324
IV.19.4. Association M.G.P.-M.G.P.	327
IV.19.4.1. Association alliages-sulfures.	327
IV.19.4.2. Association alliages-alliages.	330
IV.19.4.3. Association sulfures-sulfures.	333
IV.19.4.4. Association alliages-sulfoarséniures.	333
IV.19.4.5. Association alliages-tellurures.	336
IV.19.4.6. Association arséniures-sulfoarséniures.	336
 <i>Chapitre V.</i>	
V. Discussion générale sur la formation des M.G.P.	339
V.1. Aperçu sur les hypothèses de formations des M.G.P.	339
V.2. Formation des M.G.P. dans le massif de Tropoja.	341
 QUATRIEME PARTIE.	
Conclusions générales, bibliographie.	348
Conclusions générales.	348
Konkluzione të përgjithëshme.	363
Bibliographie.	376
 ANNEXE	 404



RESUME

Le massif de Tropoja forme la partie septentrionale de la double ceinture des ophiolites des Albanides. Ses caractères pétrologiques et métallogéniques s'apparentent à ceux des produits magmatiques des arcs immatures.

Dans ce massif, quatre niveaux enrichis en chromite ont été définis d'après leur position stratigraphique dans la pile ophiolitique et leur composition minéralogique.

Le niveau 1 appartient au manteau profond, les niveaux 2 et 3 sont localisés dans la zone de transition et le niveau 4 est situé dans les cumulats. Les trois premiers niveaux sont caractérisés par leur richesse en magnésium ($0,6 < \text{Mg}/[\text{Mg} + \text{Fe}^{2+}] < 0,7$) alors que le quatrième niveau possède les teneurs en fer ($2\% < \text{Fe}_2\text{O}_3 < 9\%$) les plus importantes. De plus, un relatif enrichissement en chrome des chromitites et des spinelles accessoires des harzburgites, du manteau jusqu'aux cumulats, témoigne d'une augmentation du degré de fusion partielle à la partie supérieure du manteau, lors de son ascension vers la surface.

Cette remontée du manteau s'est accompagnée d'une augmentation de la fugacité en oxygène qui, outre la formation des chromitites, a favorisé celle des minéraux du groupe du platine (MGP) qui leur sont associés.

Du Nord au Sud du massif de Tropoja, quatre types de minéralisations en éléments du groupe du platine (EGP) ont été reconnus.

Le type I, rencontré dans l'ensemble du massif, est caractérisé par la présence de laurite et d'alliages Os-Ir-Ru. Le type II, observé dans le secteur nord, est riche en Pt et Pd liés à des sulfures de métaux de base. Les deux derniers types, rencontrés dans le secteur sud, correspondent aux minéralisations platinifères s.s.. Ils sont caractérisés, d'une part, par l'association d'alliages (Pt,Fe) et de sulfures de platine de petite taille (type III) et d'autre part par la présence de gros grains d'isoferroplatine (type IV). En outre, ce dernier type présente la particularité d'être lié à un niveau bréchique situé à l'interface dunités basales - pyroxénites.

Les minéralisations propres aux secteurs nord et sud (types II, III et IV) soulignent une évolution des conditions de mise en place. En effet, la disparition des sulfures de métaux de base enrichis en éléments du groupe du platine et l'apparition des alliages (Pt,Fe) attestent d'une diminution de la fugacité en soufre et, inversement, d'une augmentation de la fugacité en oxygène lors de la remontée du magma le long de l'axe d'accrétion. Cette évolution a été mise en évidence depuis le secteur nord (manteau profond) jusque dans le secteur sud (cumulats).

Dans le cas de la minéralisation de type IV, ce schéma est compliqué par l'action tardive de fluides hydrothermaux riches en arsenic, tellures et palladium. Bien que le dernier stade minéralisant fasse décroître relativement la teneur en platine (11 g/t), cette minéralisation platinifère reste un exemple exceptionnel dans le contexte ophiolitique.

ABSTRACT

The Tropoja massif forms the northern part of the Albanides double ophiolite belt. The petrological and metallogenic characteristics of this massif can be related to the magmatic development of an immature arc.

Four levels of chromite enrichment have been recognized in the massif, depending on the stratigraphic position in the ophiolitic pile and mineralogical composition.

Level I is associated with deeper, mantle rocks, levels II and III occur in a transition zone and level IV is contained within cumulates. The first three levels are characterized by high magnesium contents ($0,6 < \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+}) < 0,7$), whereas level IV contains the highest iron abundances ($2\% < \text{Fe}_2\text{O}_3 < 9\%$). A decrease of the chromium content of chromitites and accessory spinels is observed from the mantle harzburgite to the cumulate horizons. This reflects an increasing degree of partial melting of the upper mantle during the rise of the melt towards the surface.

The ascent of mantle-derived melt was accompanied by an increase of oxygen fugacity which, in addition to forming chromitite levels, resulted in the crystallization of platinum group minerals (PGM).

Four types of platinum group element (PGE) mineralization are recognised, from north to south, in the Tropoja massif:

Type I consist of laurite and Os-Ir-Ru alloys and is present throughout the massif. Type II is characterized by base metal sulphides enriched in Pt and Pd, observed in the north. The last two styles, present only in the south, consist of platinum mineralization *s.s.* They are characterized by an association of Pt-Fe alloys and very fine-grained platinum sulphide minerals (Type III), or by the presence of more coarse-grained isoferroplatinum (Type IV). The former is particularly well developed at a breccia horizon, between basal dunites and pyroxenites.

The styles of mineralization in the north and south (Types II, III and IV) exemplify the differences in the evolution of the respective areas. The disappearance of base metal sulphides enriched in PGE together with the crystallization of Pt-Fe alloys indicate that sulphur fugacity decreased, or conversly, oxygen fugacity increased, during the ascent of the magma along the accretionary axis. This evolution is consistent with the stratigraphy, upper mantle rocks in the north, to cumulates in the south.

In the case of type 4 mineralization, the involvement of late hydrothermal fluides, rich in As, Te and Pd produced a more complicated evolution. Although platinum concentrations are lower in the latest mineralization stage, the grades can attain 11g/t Pt, which is exceptional for ophiolitic environments.

PERMBLEDHJE

Masivi i Tropojës përbën pjesën veriore të dy brezave ofiolitike të Albanideve. Karakteristikat petrologjike dhe metalogjenike të këtij masivi mund të përafrohen me magmatizmin e zhvilluar në një hark të pazhvilluar.

Në këtë masiv janë përcaktuar katër nivele të pasura me kromite duke u bazuar në pozicionin e tyre stratigrafik në pilën ofiolitike dhe në përbërjen e tyre mineralogjike.

Niveli 1 lidhet me shkëmbinjtë e mantelit të thellë nivelet 2 dhe 3 lokalizohen në një zonë tranzicioni dhe niveli 4 lidhet me kumulatet. Tre nivelet e para karakterizohen nga një pasurim me magnezium ($0.6 < \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+}) < 0.7$) ndersa në nivelin e katërt merr rëndësi përmbajtja e hekurit ($2\% < \text{Fe}_2\text{O}_3 < 9\%$). Gjithashtu vërehet një pasurim relativ me krom i kromiteve dhe shpinelit aksesori nga harchburgitet mantelike në kumulatet. Kjo dëshmon për një rritje të shkallës së shkrirjes së pjesëshme të mantelit të sipërm gjatë ngritjes së shkrirjes drejt sipërfaqes.

Kjo ngritje e shkrirjes së pjesëshme të mantelit shoqërohet me një ngritje të fugacitetit të oksigjenit që përveç formimit të kromititeve ka favorizuar edhe formimin e mineraleve të grupit të platinit (MGP).

Nga veriu në jug të masivit të Tropojës janë takuar katër tipe mineralizimi të elementëve të grupit të platinit (EGP).

Tipi I, i takuar në të gjithë masivin, karakterizohet nga prania e lauritit dhe aliazheve të Os-Ir-Ru. Tipi i II, i vrojtuar në sektorin verior, është i pasur në platin dhe palladium të lidhur me sulfuret e metaleve bazë (SMB). Dy tipet e fundit, të takuar në sektorin jugor, korespondojnë me mineralizimet platinifere s.s.. Ata karakterizohen nga bashkëshoqërimi i aliazheve të platin-hekurit me sulfuret të platinit të një madhësie të vogël (tipi III) dhe nga prania e kokërrizave të mëdha të izoferroplatinit (tipi IV). Përveç të tjerave, tipi i fundit lidhet me një nivel brekçioz që ndodhet në kontaktin e dunitëve bazale me piroksenitet.

Vendosja e mineralizimeve të tipeve II, III, IV në sektorët jugorë dhe veriorë të masivit dëshmon për një evolucion të kushteve të formimit të tyre. Në të vërtetë, pakësimi i sulfureve të metaleve bazë të pasura me elementë të grupit të platinit dhe shfaqja e aliazheve të platin-hekurit dëshmon për një zvogëlim të fugacitetit të squfurit dhe në të kundërt për një rritje të fugacitetit të oksigjenit gjatë ngritjes së magmës përgjatë aksit të akrecionit. Ky evolucion është evidentuar në vazhdimësi nga sektori verior (mantel i thellë) deri në sektorin jugor (kumulate).

Përsa i përket mineralizimit të tipit IV, kjo skemë ndërlikohet nga veprimtaria e mëvonëshme e fluideve hidrotermale të pasura me arsenik, telur dhe palladium. Megjithatë gjatë stadiit të fundit mineralizues përmbajtja e platinit pakësohet relativisht, ky mineralizim platinifer (11 g/t) mbetet një shembull i veçantë në kuadrin ofiolitik.



PREMIERE PARTIE

**LE MASSIF OPHIOLITIQUE DE TROPOJA
DANS LE CADRE DES OPHIOLITES DES
ALBANIDES.**



CHAPITRE I

I. POSITION DE LA ZONE OPHIOLITIQUE DE MIRDITA DANS LA CEINTURE OPHIOLITIQUE ALPINE.

I.1. INTRODUCTION

De par leur étendue, leur puissance et de par leur potentiel métallogénique, les ophiolites des Albanides constituent une des régions les plus importantes de la ceinture ophiolitique Alpine qui va des Apennins aux Taurides.

Les ophiolites des Albanides occupent une superficie d'environ 4300 Km². Elles affleurent à l'Est de l'Albanie et représentent une coupe complète de la chaîne ophiolitique Alpine dont l'épaisseur dépasse les 10 Km.

Les ophiolites des Albanides, situées entre les ophiolites de Dinarides au Nord et celles des Hellenides au Sud. De ce fait elles représentent une partie importante de la ceinture ophiolitique de l'arc Dinarido-Albanido-Hellénide. Cet arc forme la branche sud de la ceinture plissée de la chaîne alpine Méditerranéenne.

En Albanie, la zone ophiolitique de la "Mirdita" se poursuit dans les Dinarides par les ophiolites occidentales de la zone Serbe et dans les Hellénides au Sud par les ophiolites de la zone Sub-Pelagonienne et celle de la zone du Pinde (Fig. I-1). Au niveau de la transversale Shkodër-B.Curri-Pejë, cette ceinture ophiolitique change de direction et prend la direction de l'arc Dinarido-Hellénide constitué dans cette zone par les ophiolites du Vardar au Nord et par les ophiolites du Paikon et d'Almopias au Sud.

I.2. PETROGRAPHIE ET MINERALOGIE DE DIFFERENTES UNITES

I.2.1. Généralités.

Les ophiolites des Albanides représentent l'association de roches de composition ultrabasique, basique à acide dont les différents faciès se sont mis en place à des profondeurs variées depuis les conditions de pression et température du manteau jusqu'à celles de la surface. La lithologie des ophiolites des Albanides est tout à fait conforme à la définition des ophiolites (s.s) donnée

à la Conférence de Penrose (1972).

Dans les ophiolites des Albanides sont distinguées les formations suivantes (Kodra et al., 1982; Shallo et al., 1985; Çina et al., 1986) (Fig. I.1.):

- des péridotites métamorphique ou tectonites (harzburgites, plus rarement lherzolite et dunites);
- des cumulats ultrabasiques consitiués par des dunites, des lherzolite, des werhlites, des pyroxénites (webstérites) et par des péridotites et dunites à plagioclase ;
- des cumulats basique formés de gabbros lités, de gabbronorites, de gabbros isotropes, de diorites et de plagiogranites ;
- Des dykes constitués principalement par des diabases, recourent parfois les gabbros et les plagiogranites ;
- d'une série volcanique constituée de basalte le plus souvent pillow lavas et de kératophyre.
- d'une série volcano-sédimentaire composée des andésites et des dacites volcaniques, de jaspes radiolaritiques et de sédiment flyschoïdes.

Les ophiolites des Albanides sont ployées en une vaste synforme dont le coeur est occupé par les formations effusives et hypabyssales et les bords par les tectonites mantelliques et les cumulats ultrabasiques et basiques. Donc, de la périphérie au centre de la synforme on voit la succession de la pile ophiolitique depuis les roches ultrabasiques, les gabbros et les plagiogranites jusqu'aux roches volcano-sédimentaires.

La ceinture ophiolitique a une direction presque méridienne : au Sud de l'Albanie elle est orientée Nord Nord-Ouest - Sud Sud-Est; vers le Nord elle devient orientée Nord Nord-Est - Sud Sud-Ouest.

Le changement d'orientation de la ceinture ophiolitique se fait au voisinage de la transversale Shkodër-B.Curri-Pejë considérée comme une faille transformante (Dercourt, 1967; Papa, 1970; Aboin et al., 1975; Chorovitz et al., 1981; Papa et al., 1991).

La structuration de la plate-forme carbonatée de triassico-jurassique suit celle de la ceinture ophiolitique. Les roches sédimentaires de cette plate-forme sont plissées. Les plis sont asymétriques déversés vers l'Est avec des plans axiaux pentés à l'Ouest. Ces plis sont plus au moins en concordance avec les éléments structuraux des massifs ultrabasiques (Kodra et al., 1982).

La transversale Labinot-Dibër, à 150 Km au sud de la transversale

Shkodër-B.Curri et parallèle avec elle, considérée également comme une faille transformante (Papa, 1970; Shallo et al. 1985). Cette faille sépare les ophiolites en deux secteurs: le secteur Nord de Martaneshi à B.Curri et le secteur Sud de Shebenik à Korçë-Vithkuq.

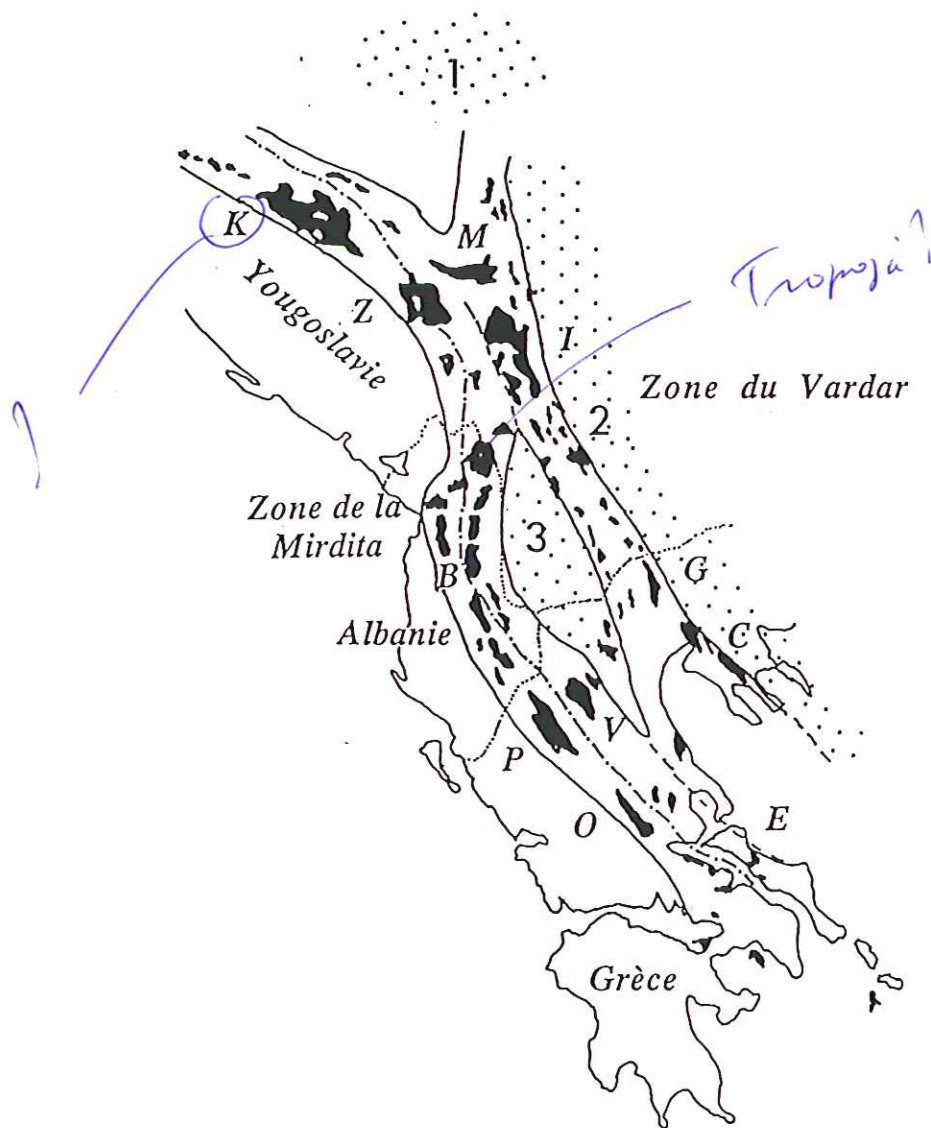


FIGURE I-1 - Position et distribution des massifs ophiolitiques dans l'arc Dinarido-Albanido-Hellénide. Les massifs (en noire) ont été regroupés en deux zones qui se rejoignent de part et d'autre du massif pélagonien : à l'Est la zone du Vardar, à l'Ouest de la zone de Mirdita. En pointillé, massifs cristallins médians : 1-pannonnien, 2-serbo-macédonien et rhodopien, 3-pélagonien. Massifs ophiolitiques : B- Bulqiza, C- Chalcidique, E- Eubée, G- Guevgueli, I- Ibar, M- Maljen-Suvobor, O- Othris, P- Pinde, V- Vourinos, Z- Zarda-Zlatibor. Cette carte a été modifiée d'après Brunn (1961); Bebiën et al., (1980); Pamiç (1983; Vakanjaç et al., (1979), Tashko (1976); Shallo et al., (1985, 1987). D'après Ohnenstetter (1990).

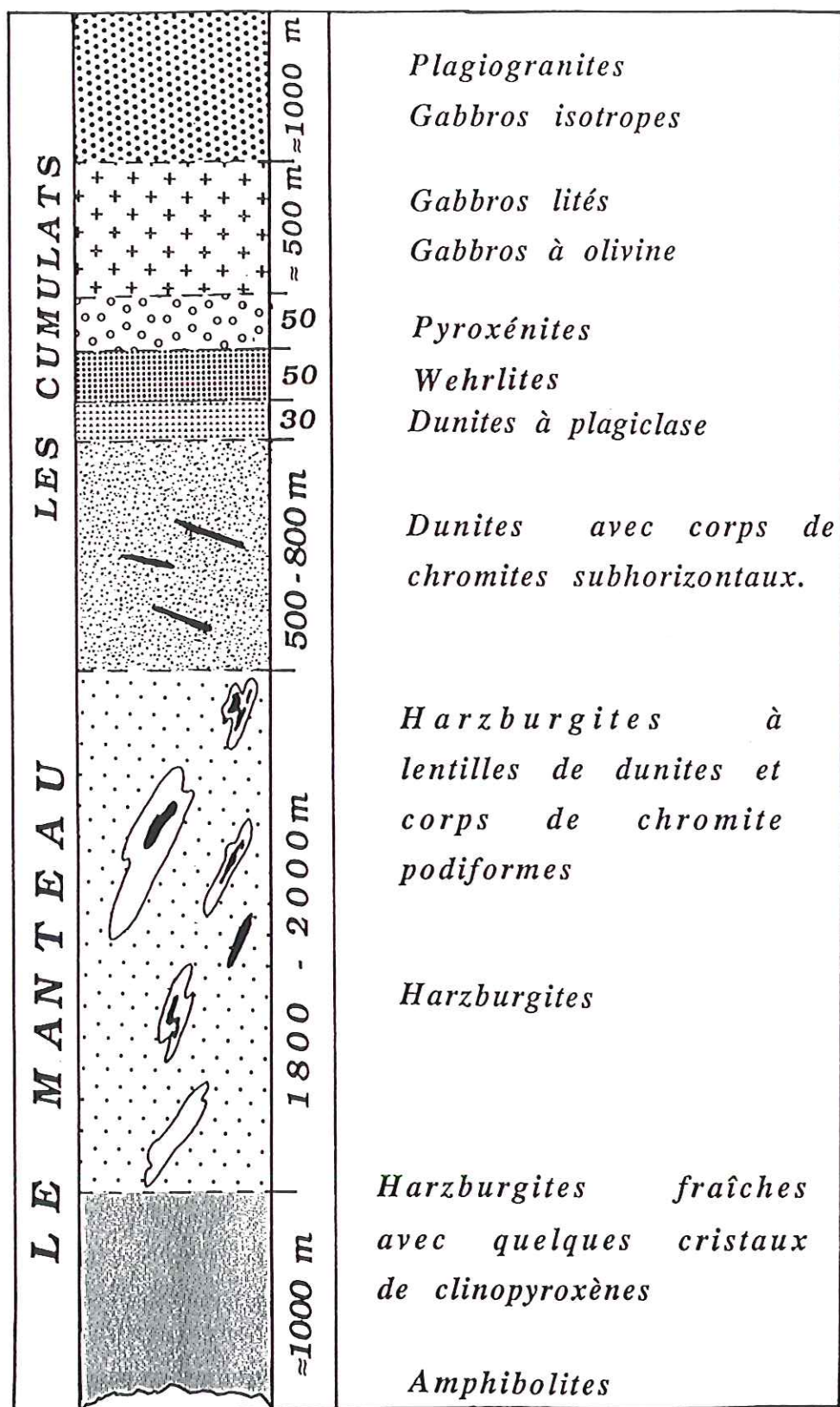


FIGURE I-2. -Log stratigraphique simplifié des ophiolites des Albanides.

I.2.2. Description pétrographique et minéralogique des différentes unités.

I.2.2.1. Tectonites mantelliques.

Elle constitue la masse principale des ophiolites des Albanides et couvrent une surface de 2300 Km² environ.

Les tectonites mantelliques sont situées à la base de la pile ophiolitique, leur épaisseur varie de 1-2 Km à 3-4 Km. Elles sont constituées de harzburgites et de dunites, les lherzolites étant très subordonnées.

La composition minéralogique des tectonites ultrabasiques est simple (Shallo et al., 1985) : olivine prépondérante (70-80%), orthopyroxène (8-15%), clinopyroxène (5-0%), spinelle chromifère accessoire (3-0%) et enfin, serpentine secondaire. Dans les dunites la proportion d'orthopyroxène peut atteindre 3%.

I.2.2.2. Cumulats ultrabasiques.

Les roches ultrabasiques de la séquence cumulative sont situées au dessus des harzburgites. Deux unités de cumulats peuvent être distinguées :

- Dans la ceinture occidentale les cumulats ultrabasiques étroitement associés aux cumulats basiques forment en fait une seule unité que Shallo et al., (1985) ont désigné sous le terme d'unité cumulative basique-ultrabasique. Les cumulats ultrabasiques y sont constitués de lherzolites, de dunites, de dunites à plagioclase et de troctolites.

- Dans la ceinture orientale les deux unités cumulatives l'une ultrabasique et l'autre basique peuvent être aisément distinguées. Les ultramafites sont formées par des dunites, harzburgites, lherzolites, werhlites et par des pyroxénites, essentiellement des webstériles.

On peut souligner que la nature des cumulats ultramafiques varient d'Ouest en Est avec une séquence riche en plagioclase à l'Ouest et riche en pyroxène à l'Est, et ceci en liaison avec les variations de la nature des phases en liquidus. Toutefois, à plus petite échelle, dans chaque séquence des variations lithologiques peuvent également être mises en évidence.

I.2.2.3. Roches gabbroïques et plagiogranites.

Elles sont situées sur les cumulats ultrabasiques et sous le complexe de dyke et la série volcano-sédimentaire. Ces roches se présentent différemment dans les ophiolites orientales et occidentales (Fig I.3.) ainsi que dans les ophiolites septentrionales et méridionales (séparation faite par Shallo et al., 1985).

Les gabbros sont bien représentés dans le secteur septentrional des deux ceintures ophiolitiques. Dans la ceinture orientale, les roches gabbroïques sont composées par des norites, gabbro-norites et des gabbro-quartziques accompagnés localement de pyroxénites. Le plagioclase est souvent extrêmement basique (An. 91-94 mol%).

Dans la ceinture occidentale, les roches gabbroïques associées aux cumulats ultrabasiques sont formées de gabbros leucocrates et de ferrogabbros. Le plagioclase y est moins calcique que dans la ceinture orientale et l'orthopyroxène très rare.

I.2.2.4. Complexe filonien.

Ce complexe apparaît uniquement dans les ceintures orientale et occidentale du secteur septentrional des ophiolites.

Le complexe est constitué par des dykes presque parallèles, de composition principalement basique et quelquefois acide. Les contacts entre les dykes et les roches encaissantes (laves ou gabbros) sont nets. L'épaisseur du complexe filonien est estimée à 1,5 km. Les dykes peuvent former 80% du complexe filonien.

Les filons sont constitués de gabbros, de gabbros quartziques, de microdiorites quartziques, de diabases ou microdiabases et moins souvent de kératophyres. Le complexe filonien est toujours associé à la série volcano-sédimentaire. La nature pétrographique et géochimique identique entre ces deux formations laisse suggérer qu'il existe une relation génétique étroite entre elles.

Shallo et al., (1985) ont écrit l'hypothèse que les filons du complexe filonien sont les dykes nourriciers des laves. Les minéraux constitutifs des filons sont le plagioclase, localement le clinopyroxène, quelquefois l'amphibole (hornblende) et le quartz associés à du verre altéré. Les minéraux accessoires

sont la magnétite et l'ilménite.

I.2.2.5. Série volcano-sédimentaire.

Elle constitue la partie sommitale de la coupe ophiolitique des Albanides, au-dessus des roches plutoniques (Fig. I-3).

Au sein de la série volcano-sédimentaire on peut distinguer des coulées massives, des coulées en pillow-lavas, des passées de tufs, ainsi que des niveaux sédimentaires plus au moins importants. La lithostratigraphie de cette formation diffère d'une région à l'autre.

Kodra (1976), a daté du Jurassique supérieur la série volcano-sédimentaire de Gjegjani, près du massif ultrabasique de Kukësi, à l'Est de la zone ophiolitique de "Mirdita".

Les minéraux des laves basiques sont constitués de plagioclase basique, de clinopyroxène (augite ou diopside-augite), et de rares amphiboles accompagnés de minéraux accessoires tels que la magnétite. Les minéraux secondaires sont : albite; chlorite; quartz; actinote; épidote et calcite.

Les faciès intermédiaires et acides contiennent du quartz et des plagioclases plus sodiques. En règle générale, les roches basiques sont placées à la base de la série volcano-sédimentaire sous les laves intermédiaires à acides.

Les roches intermédiaires à acides sont rencontrées généralement au coeur du secteur septentrional des ophiolites des Albanides. Leur épaisseur est réduite. A leur sommet se trouvent des tufs de composition andésitique cimentés par une matrice silico-hématitique.

Des minéralisations riches en cuivre liées à des processus hydrothermaux sont intercalées dans les laves.

I.3. REPARTITION PETROLOGIQUE ET METALLOGENIQUE

Par leurs critères pétrologiques, géochimiques et métallogéniques les ophiolites des Albanides sont classées en deux ceintures principales (Kodra, 1982; Shallo et al. 1985; Çina et al., 1986; Çina, 1987; Shallo et al., 1987; Kodra et al., 1988) : orientale et occidentale qui sont reliées entre elles au Nord par le massif de Tropoja. Les caractères lithologiques des deux ceintures sont résumés ci-dessous:

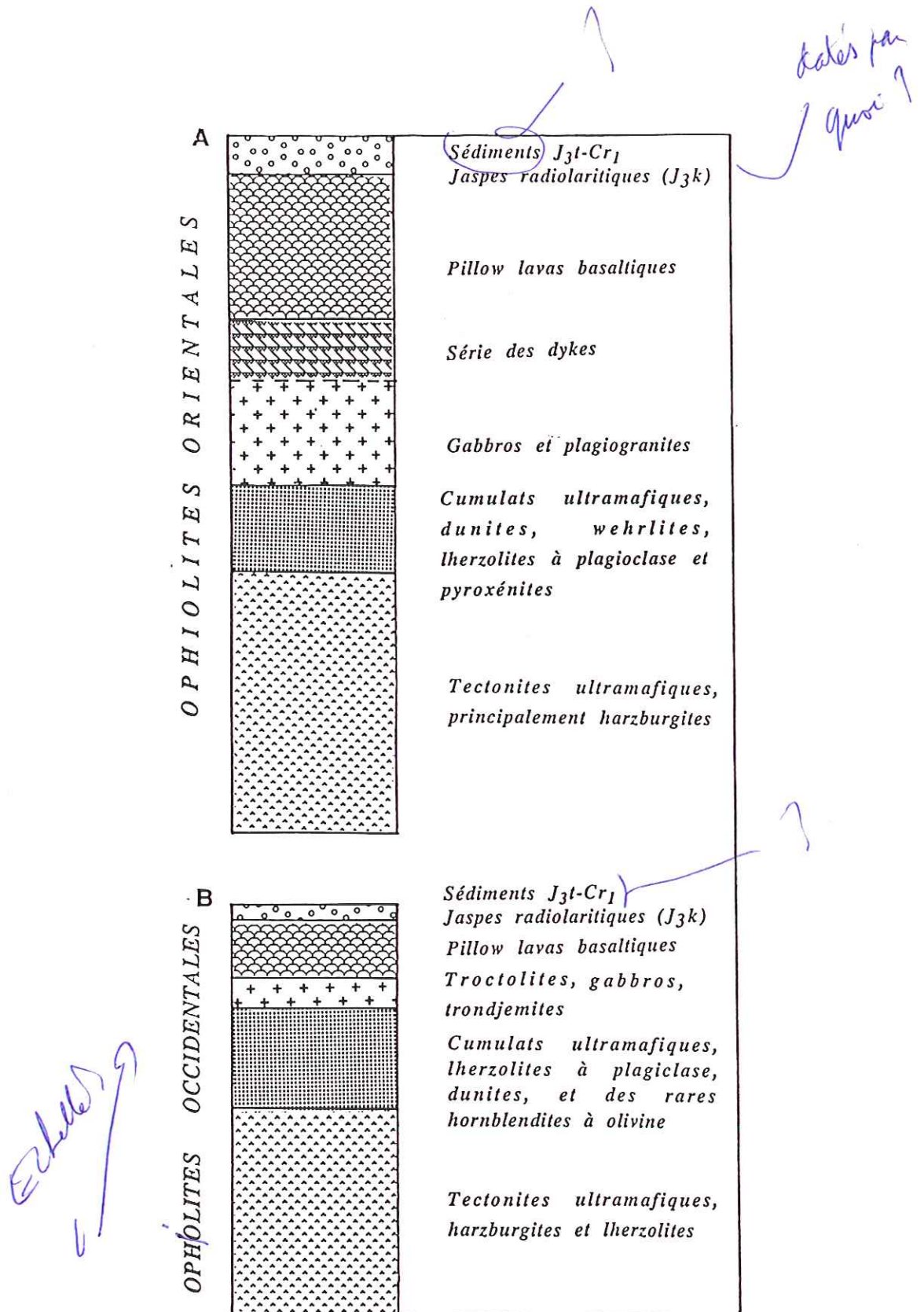


FIGURE I-3. - Log stratigraphique simplifié des ophiolites de la ceinture orientale (A), et de celle occidentale (B).

Dans la ceinture occidentale, les tectonites ultrabasiques sont constituées de harzburgites et de lherzolites avec des rares intercalations de dunites. Elles sont moins appauvries (rapport $\text{MgO}/(\text{MgO}+\text{FeO}^*)$ de 0,86) que les tectonites de la ceinture orientale ayant un rapport $\text{MgO}/(\text{MgO}+\text{FeO}^*)$ de 0.81. Les gisements et les indices de chromitites podiformes sont peu nombreux et limités.

Les cumulats ultrabasiques forment la majeure partie de la séquence cumulative. Ils sont constitués essentiellement de lherzolites et dunites plus au moins riches en plagioclase .

Les gabbros de la ceinture occidentale sont peu développés (Fig. I.3.). Leur rubanement est fruste. Le clinopyroxène y est abondant alors que l'orthopyroxène y est rare. Les ferrogabbros sont minéralisés en titano-magnétite. On note très rarement des amas-sulfurés. Le complexe filonien est pratiquement absent.

Les laves sont en coussins; leur composition évolue des basaltes aux andésites. Ces laves sont riches en TiO_2 , les teneurs moyennes étant 1.52% environ (Shallo et al., 1987).

Dans la ceinture orientale, les tectonites mantelliques sont constituées par des harzburgites avec des intercalations de dunites à la partie sommitale. Le rapport $\text{MgO}/(\text{MgO}+\text{FeO}^*)$ des harzburgites tectonites de cette ceinture (0.86) est plus élevé que celui des harzburgites tectonites de la ceinture occidentale (0.81). En particulier, les tectonites du massif ultrabasique de Bulqiza montrent des valeurs de ce rapport de 0.83-0.84 pour les harzburgites et de 0.84-0.86 pour les dunites (Çina et al., 1987).

Les indices et les gisements de chromites podiformes dans le manteau sont nombreux et d'une grande extension. La plupart sont actuellement exploités (les massifs de Bulqiza, de Tropoja, de Kukësi).

La séquence cumulative ultrabasique n'est pas très puissante, de 800 à 1000 m environ. La puissance de la séquence diminue vers la bordure des massifs. Les dunites cumulatives dominent alors que les werhlites et les lherzolites sont subordonnées. Des niveaux de pyroxénites apparaissent au sommet de la séquence, accompagnant les péridotites à plagioclase et les troctolites. Des gisements de chromites stratiformes existent surtout dans le massif de Kukësi (Çina et al., 1986; Shehu et al., 1989). En général ils apparaissent au sein des dunites cumulatives. Les cumulats basiques sont constitués de gabbros évoluant vers des gabbro-quartziques toutefois extrêmement basiques.

Le complexe de dykes est bien développé à la différence de la ceinture occidentale. Il est formé de gabbros, de plagiogranites et de diabases dont la composition évolue de basaltes aux dacites.

La série volcano-sédimentaire a une grande extension et est très diversifiée. Sa puissance est de 2-2.7 Km. L'épaisseur des laves atteint 1.5-2 Km. La partie sommitale de la série volcanogène est constituée par des roches plus acides comme les andésites basiques, les andésites plus au moins vitreuses, les dacites et les rhyolites.

Les laves et les filons de la ceinture occidentale et orientale correspondent à des tholéiites abyssales (Shallo et al., 1985 et 1987). Un enrichissement en titane des ophiolites de la ceinture occidentale par rapport aux ophiolites de la ceinture orientale ou à celles du Vourinos a été mis en évidence (Shallo et al., 1985; Shallo 1990).

Le diagramme Ti/Cr-Ni recommandé par Beccaluva et al., (1979) (Fig.I-4) montre que les analyses chimiques des tholéiites de la ceinture orientale tombent dans le domaine des tholéiites d'arc insulaire. Les ophiolites de la ceinture orientale se rapporteraient davantage aux ophiolites de Méditerranée orientale dont l'environnement géodynamique pouvaient être différent de celui des ophiolites de la ceinture occidentale.

En se basant sur les caractéristiques pétrographiques des faciès, sur l'absence presque totale de la série de dyke, sur la grande affinité géochimique des roches de cette ceinture avec les ophiolites du Pindos, Othrys et sur son potentiel métallogénique limité, il résulte que les ophiolites de la ceinture occidentale se rapportent aux ophiolites de type I (Rocci et al. 1975) correspondant aux ophiolites de la Méditerranée occidentale représentatives du magmatisme des rides médio-océaniques et de celui des bassins situés loin des arcs.

La différence entre les ophiolites du secteur septentrional et celles du secteur méridional est plus nette pour la ceinture occidentale (Shallo et al., 1985). Au Sud, l'épaisseur de la croûte océanique est très réduite, en particulier, les gisements de chromites dans le manteau, les cumulats ultrabasiques et le complexe filonien sont très peu développés.

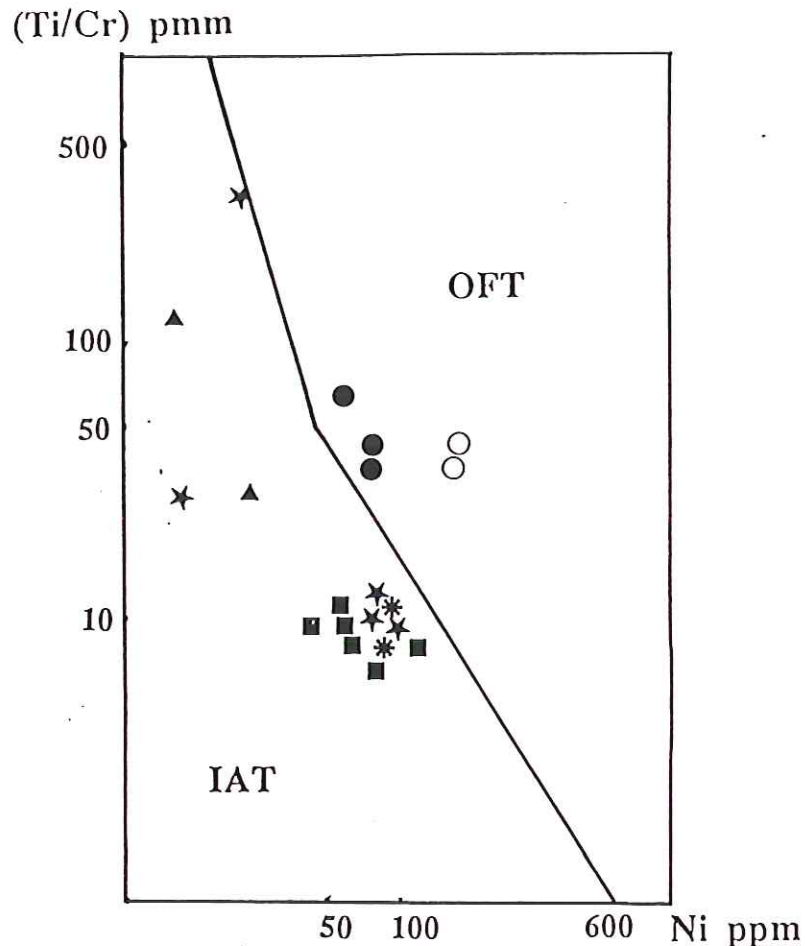


FIGURE I-4. -Diagramme Ti/Cr-Ni recommandé par Beccaluva et al., (1979). Carrés noirs, Basaltes ; astérisques, Andésites (ceinture orientale des ophiolites des Albanides); triangles, Dacites ; étoiles, Basaltes (Vourinos); cercles noirs, dolerites; cercles blancs, Basaltes (Pindos). (Les analyses chimiques utilisées dans ce diagramme sont tirées pour les Albanides de Shallo et al., (1987); du Vourinos, du Pindos et d'Othrys de Beblen et al., (1980).

D'après Ohnenstetter (1990), trois modèles peuvent expliquer la géochimie de la double ceinture ophiolitique de la zone de Mirdita (Fig. I.5.) :

- Le modèle 1 envisage la création d'un bassin océanique à marge passive (ceinture occidentale), puis la formation d'un arc immature au droit d'une zone de subduction intra-océanique (ceinture orientale). L'hypothèse d'une formation plus tardive de la ceinture orientale (Kodra 1988, Ohnenstetter 1990), est compatible avec l'évolution géochimique des laves au cours du temps. En effet, les laves riches en titane, semblables aux basaltes des rides médio-océaniques, sont antérieures aux laves pauvres en titane comparables aux basaltes des arcs insulaires immatures.

- Le modèle 2 fait intervenir une zone de subduction intra-océanique, la formation de la ceinture orientale dans un arc insulaire immature puis la création de la ceinture occidentale dans un bassin marginal d'arrière-

arc.

- Le modèle 3 substitue à la zone de subduction des fractures sub-verticales profondes, qui pourraient être liées à des décrochements. Leur rôle serait comparable à celui de la zone de subduction en ce qui concerne l'apport des fluides favorisant une fusion hydratée du manteau. Les deux ceintures pourraient être contemporaines ou non, le magmatisme de la ceinture occidentale n'ayant pas été contaminé par la venue des fluides (Ohnenstetter 1990).

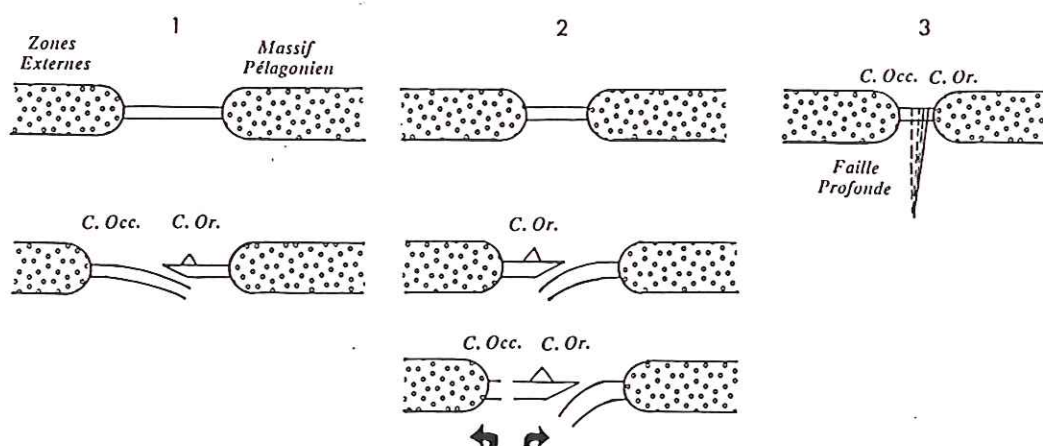


FIGURE I.5. -Modèles de formation de la double ceinture ophiolitique de Mirdita. C. Occ. - ceinture occidentale; C. Or. - ceinture orientale. D'après Ohnenstetter (1990).

I.4. DIFFERENTES HYPOTHESES SUR L'ORIGINE DES OPHIOLITES DES ALBANIDES

Le problème de l'origine des ophiolites des Albanides a été abordé en détail par plusieurs auteurs (Kodra et al., 1982; Shallo et al., 1985; Shallo et al., 1987; Kodra 1987; Kodra et al., 1988; Çollaku et al., 1991; Çollaku 1992; Çollaku et al., 1992). Vu dans l'ensemble de l'arc Dinarido-Albanido-Hellenide, les hypothèses proposées pour expliquer leur origine divergent :

- la première est en faveur d'une origine unique de ces ophiolites

qui correspondent à l'ancienne croûte océanique de la Thétys obductée lors de la convergence entre la plaque Africaine au Sud et de la plaque Euroasiatique au Nord. Ce rapprochement s'affectue à partir du Jurassique supérieur et se termine par la collision continentale à l'Eocène (Dercourt 1972; Dimitrojeviç et al., 1973; Aubouin et al., 1977; Charvet 1978 et 1980 ; Cadet et al., 1980; Ferrière 1982; Knipper et al., 1986; Pamiç et al. 1986; Çollaku et al., 1991; Çollaku 1992; Çollaku et al., 1992).

Les travaux les plus récents en faveur de cette hypothèse sont ceux de Çollaku (1992), et Çollaku et al., (1992). Ils suggèrent que les ophiolites des Albanides sont issues d'un large domaine océanique, suivant l'exemple d'Oman, indiquant que ce domaine devrait être situé à l'est du Korab. D'après ces auteurs, à la fin de Jurassique supérieur, débute le raccourcissement intra-océanique tethysien qui entraîne l'obduction de la lithosphère océanique sur la marge Korab-Pelagonien (Fig. I-6).

Une subduction plongeant vers l'est, fait disparaître une partie de la lithosphère océanique. Les futures ophiolites chevauchent par la suite la marge passive, représentée dans le cas d'Albanie par les séries du Korab et par la série vulcano-sédimentaire de type MORB (Çollaku et al., 1992). Progressant sur le continent, ces ophiolites métamorphisent la série volcano-sédimentaire autochtone et entraîne la formation amphibolitique de la semelle métamorphique. Dans la zone orientale des ophiolites, le sens de cisaillement observé dans la semelle métamorphique est orienté de l'Est vers l'Ouest ce qui suggère que le déplacement des ophiolites s'est effectué d'Est en Ouest (Çollaku et al., 1992).

Vers la fin d'Oligocène, l'ensemble Korab-Mirdita (semelle métamorphique, série jurassique et la nappe ophiolitique) chevauche l'ensemble des zones externes : Krasta, Kruja et probablement Ionienne (Çollaku et al., 1992), (Fig. I- 6).

- la deuxième hypothèse propose l'existence de plusieurs bassins, l'un situé à l'Est, le bassin du Vardar, et l'autre situé à l'Ouest, le bassin de Golja-Korab-Pelagonien (Mercier 1975; Smith et al., 1976; Vergely 1977; Bebien et al., 1980; Karamata et al., 1980; Kodra et al., 1982; Shallo et al., 1985; Kodra 1987; Kodra et al., 1988; Shallo 1990; Vergely et al., 1991).

Les zones du Vardar et de la Mirdita donc des bassins océaniques distincts (Kodra 1988), subparallèles, isolés par des môles continentaux. L'ouverture de ces bassins serait facilitée par des décrochements (Ohnenstetter 1980). Le bassin de Mirdita serait asymétrique, avec des témoins de croûtes

océaniques à l'Ouest (océan au bassin marginal), et des témoins de croûte de base d'arc insulaire à l'Est. Le vecteur de la nappe de la Mirdita serait alors de courte portée (Ohnenstetter 1990).

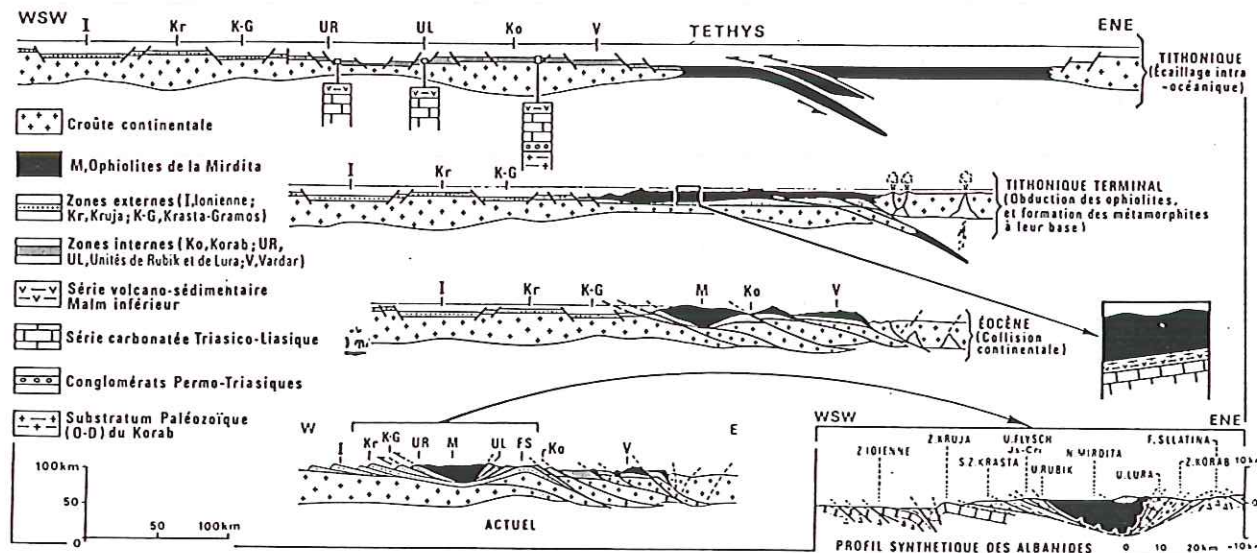


FIGURE I-6. -Evolution tectonique des Albanides sur une transversale au niveau de l'Albanie septentrionale, depuis Tithonique. D'après Çollaku et al., (1992).

D'après Kodra (1988), l'ouverture du bassin de Mirdita se déroulerait d'abord lentement avec la formation des ophiolites de la ceinture occidentale, et en suite se poursuivrait plus rapidement avec la mise en place des ophiolites de la ceinture orientale. D'après cet auteur, la microplaque complexe de Dinarido-Albanido-Hellénide se développe indépendamment des grandes plaques, euro-asiatique au Nord et celle africaine au Sud.

L'étude qui suit, nous ne permet pas de prendre une position déterminée vis-à-vis de ces hypothèses. Toutefois le potentiel métallogénique élevé du massif de Tropoja (voir deuxième partie B), qui fait partie dans la ceinture orientale (voir deuxième partie chapitre II), ainsi que ses caractéristiques pétrologiques (voir deuxième partie A) confirment l'affinité du magmatisme dont ils est issu, d'un magmatisme de type arc insulaire immature, type II (Rocci et al., 1975). Les deux ceintures pourraient être représentatives de

la zonation d'un système arc/bassin marginal arrière arc.



CHAPITRE II

II. MASSIF OPHIOLITIQUE DE TROPOJA

II.1. CARACTERES GENERAUX.

Le massif ultrabasique de Tropoja est le massif le plus volumineux de la double ceinture ophiolitique albanaise. Il se situe dans la partie septentrionale de la ceinture orientale de ces ophiolites (Fig. I.7.), dont le potentiel métallogénique est le plus élevé.

Les ophiolites sont comprises entre les altitudes de 200 à 1600m. Le relief n'est pas très accidenté.

La route Bajram Curri-Kam-Gjakovë recoupe le massif d'Ouest en Est.

L'épaisseur du massif est d'environ 2,5-3 km. Les données géophysiques (Langora et al. 1983) indiquent que le massif se prolongerait jusqu'à 14km en profondeur, fait en faveur d'un enracinement possible des ophiolites dans le bassin de Mirdita (Mekshiqi et al. 1989 ; Mekshiqi 1990).

II.2. GEOLOGIE DU MASSIF.

Le massif est composé de roches mantelliques, de cumulats et de roches effusives (Fig. I.8.).

C'est grâce à une cartographie très détaillée du massif que l'on a pu distinguer les unités lithologiques, situer précisément les gisements de chromite dans la colonne lithostratigraphique ophiolitique et préciser le niveau porteur de la minéralisation platinifère.

La colonne lithostratigraphique synthétique (Fig. I.9.) montre de bas en haut: une semelle amphibolitique, le manteau profond avec des harzburgites et peu de dunites, la zone de transition avec des alternances harzburgite-dunite (avec des chromitites), les cumulats constitués de dunites, de harzburgites à plagioclase, de lherzolites-wehrlites, de gabbros et de plagiogranites. Les formations sommitales sont constituées de trondhjemitites, de filons doléritiques et de roches effusives.

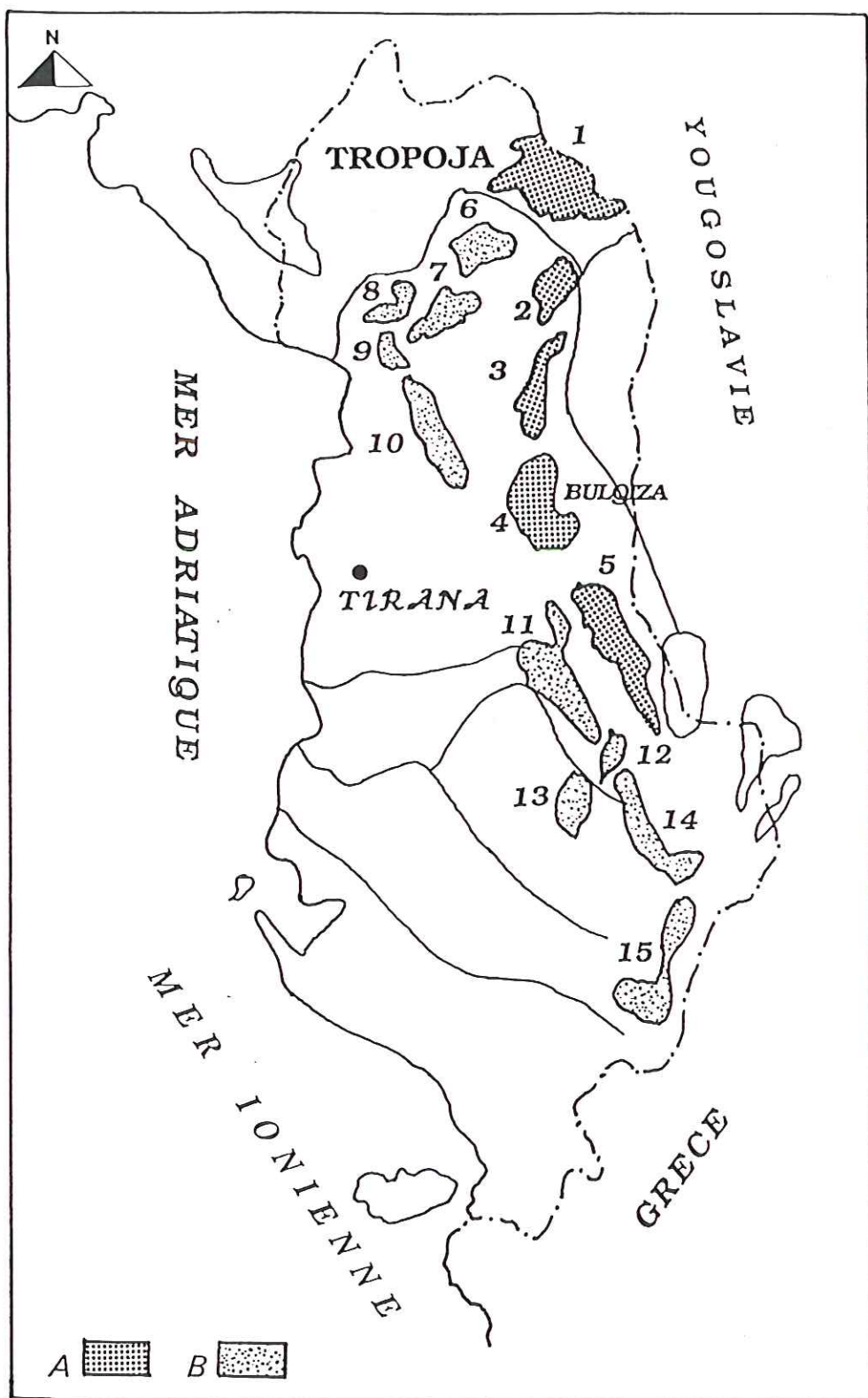


FIGURE I.7. -Schéma représentatif des massifs ultrabasiques des Albanides. **A**- Massifs de la ceinture orientale : 1- Tropoja ; 2- Kukësi ; 3- Lura ; 4- Bulqiza ; 5- Shebeniku. **B**- Massifs de la ceinture occidentale : 6- Krrabi ; 7- Puka ; 8- Gomsiqe ; 9- Pilinardë-Rrëshen ; 10- Skënderbeu ; 11- Shpati ; 12- Devolli ; 13- Vallamara ; 14- Voskopoja.

152



FIGURE I.8. -Carte simplifiée du massif ophiolitique de Tropoja. 1-Formations encaissantes post-jurassiques ; 2- Manteau harzburgitique ; 3- Sédiments du néogène ; 4- Cumulats ; 5- Roches effusives ; 6- Gabbros ; 7- Diorites ; 8- Permien ; 9-Gisements de chromite de grande taille ; 10- Gisements de chromite de taille moyenne ; 11- Gisements de petite taille ; 12- Rubanement dans les harzburgites ; 13- Structure synclinale ; 14- Frontière.

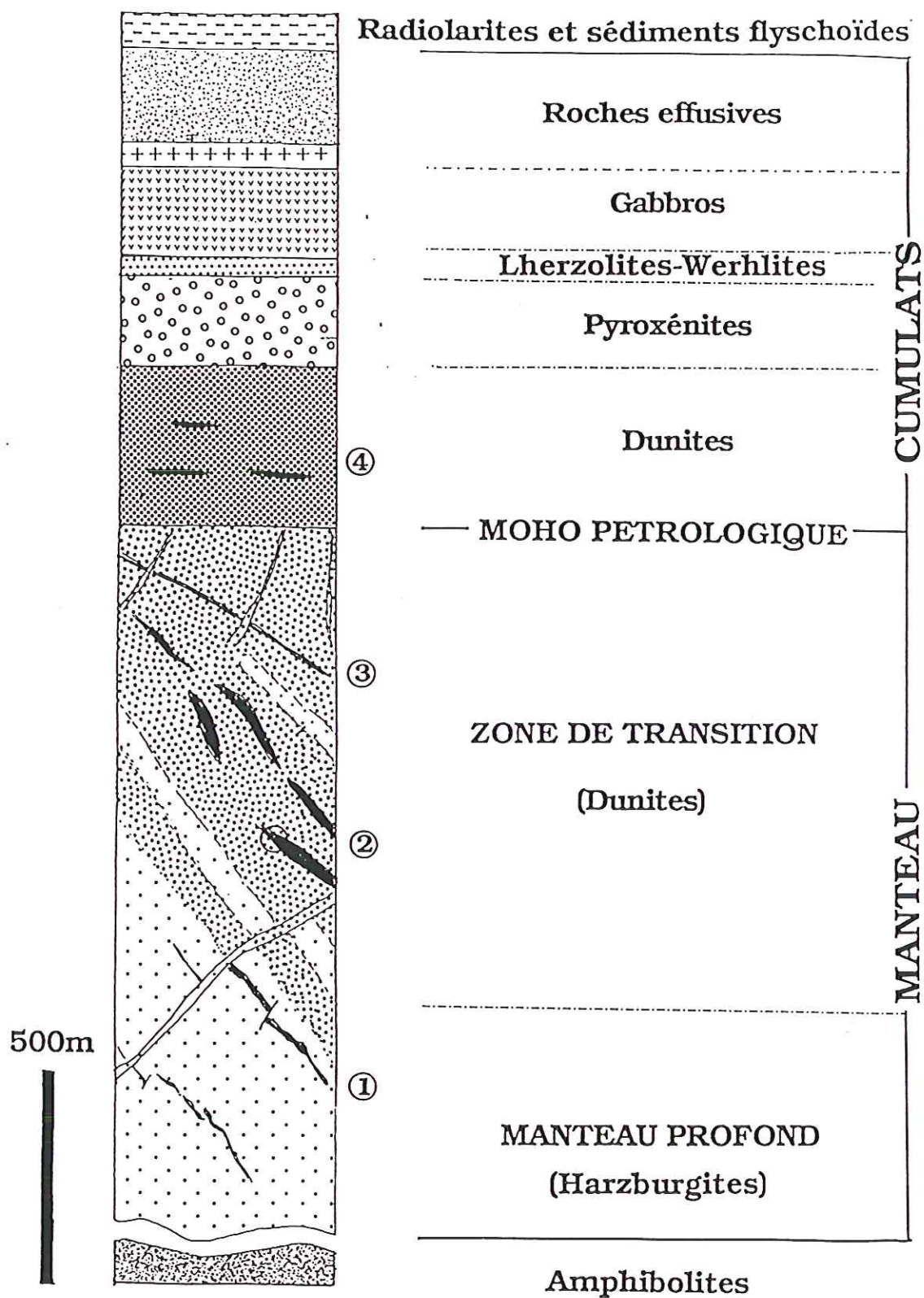


FIGURE I.9. -Log lithostratigraphique généralisé du massif ophiolitique de Trojka.
D'après Mekshiqi (1990), modifié. 1,2,3,4, - Niveaux minéralisés en chromite

En fonction de leur position stratigraphique on propose une classification des gisements de chromite en quatre types. Le premier est situé dans le manteau profond, deux appartiennent à la zone de transition et le dernier est situé dans les cumulats (Fig. I.9.). La minéralisation platinifère est liée à l'interface dunite-pyroxénite.

II.2.1. Géologie du manteau.

Le manteau profond affleure surtout bien au Nord et à l'Ouest du massif tandis que la zone de transition affleure plutôt au centre et à l'Est du massif.

Il faut noter que la limite entre le manteau profond et la zone de transition est difficile à identifier.

II.2.1.1. Harzburgites.

L'ensemble harzburgitique constitue la partie la plus importante du manteau. Généralement, ces roches sont très homogènes. Cependant, comme dans la plupart des complexes ophiolitiques, les harzburgites de Tropja présentent un rubanement plus ou moins bien développé. Ce rubanement est dû à une répartition plus ou moins régulière des cristaux d'orthopyroxène dans la matrice olivinique. Le rubanement est particulièrement bien observable dans les secteurs de Dunishë, de Maja e Brajkut, de Qafa e Luzhës.

Une serpentinisation plus ou moins forte domine dans les zones fracturées. Les serpentinites sont quelquefois schistosées.

Les harzburgites fraîches affleurent surtout dans les secteurs de Qafa e Luzhës et de Lugu i Zi. Elles sont recoupées de filons d'orientation diverse et de nature variée : dunite, pyroxénite, gabbro pegmatitique.

II.2.1.2. Harzburgites à mica.

Des harzburgites serpentinisées riches en mica ont été cartographiées au Nord, Nord-Ouest du massif de Tropja, non loin de la ville de Bajram Curri, près du gisement de quartz de Kërrnajë (Massif de Kome).

Ces harzburgites, surmontent tectoniquement une formation volcano-sédimentaire métamorphique, amphibolites, schistes à passées détritiques plus

ou moins grossières et quartzites, localement d'une grande pureté et donc exploités (gisement de Kërrnajë).

Elles sont fracturées, le débit majeur des fractures étant orienté N110°.

Ces harzburgites à mica sont fréquemment signalées à la périphérie des massifs ophiolitiques Ohnenstetter (1990). Leur origine et conditions de mise en place par rapport aux péridotites ophiolitiques et aux autres formations volcano-sédimentaires de la marge sont peu connues.

II.2.1.3. Dunites.

Les dunites sont bien représentées dans le massif. Dans les harzburgites profondes elles sont soit sous forme de lentilles ou de poches plus ou moins discordantes par rapport à la foliation des harzburgites, soit sous forme de fines couches rubanées avec les harzburgites. Ces dernières peuvent être localement très développées et constituent une unité rubanée, "banded unit", visible à l'affleurement et en sondage.

Dans la zone de transition elles sont situées à différentes profondeurs en formant des corps dunitiques de taille variable. Ces corps dunitiques sont soit sous forme lenticulaire de petite taille qui, en général, ne contient pas de gisement de chromite, soit sous forme de couches de grande taille et plus ou moins régulières.

Lorsque ces dunites ont la forme d'une couche de grande taille, selon le pendage de ces couches et des corps chromifères qu'elles renferment, on distingue trois types :

- des corps dunitiques qui contiennent des gisements de chromite fortement inclinés ($>60^\circ$). Tel est le cas de Rragam-1 (250x750m), de Rragam-3 (30x400m), de Vlahën (5-50x5000m) etc...;
- des corps dunitiques contenant des gisements de chromite avec un pendage moyen (40° - 50°). Dans ce type fait partie le fameux corps dunitique de Shtegu i Rragamit-Çabrat, dans le secteur de Lugu i Zi, dont les dimensions sont d'environ 250x3000m. Dans ces dunites se situent cinq gisements de chromite. Les dunites y sont très fraîches et le spinelle chromifère accessoire y est assez fréquent. Du fait de leur fraîcheur on a commencé à les étudier comme produits réfractaires, mais, dans la partie centrale de ces dunites sont observés des filons très

minces de serpentine en réseau.

-des corps dunitiques situés au sommet de la zone de transition avec lesquelles sont liés des gisements de chromite à faible pendage. Tel est le cas de Qafa e Luzhës (20x700m).

Dans les secteurs de Rragam-1, de Vlahën, de Dobrunë, de Skatinë, des zones à dunites riches en orthopyroxène ont été individualisées. Ces zones, lorsqu'elles existent, sont situées au sommet des faciès harzburgitiques et constituent en quelque sorte une transition entre les harburgites profondes et les dunites de la zone de transition. Leur puissance est très variable. Elles contiennent 3-8% d'orthopyroxène xénomorphe (enstatite), dont la distribution, dans la plupart de cas n'est pas uniforme (Neziraj 1989).

A l'intérieur des corps dunitiques, il existe des lentilles de harzburgite, dont la direction d'allongement est conforme par rapport à la foliation des dunites.

Les filons recoupant les dunites sont abondants. Ils sont composés de dunite, pyroxénite, gabbro pegmatitique qui dans certains cas décalent la minéralisation chromifère.

II.2.2. Géologie des cumulats.

Les cumulats occupent les parties centrales, Sud et Sud-Est du massif. Des grands domaines de cumulats ont été cartographiés dans les secteurs de Pac, de Stoberdë, de Kam, de Helshan, de Kostur, de Berishë (Fig. I.10). Les deux coupes types dans les cumulats ont été levées dans le secteur Stoberdë (Fig. I.11 B) et Kam-Helshan (Fig. I.11 A).

Il faut noter que la nature et la succession des cumulats de la coupe Kam-Helshan diffère de celles de la séquence du secteur de Stoberdë (indice de Bregu i Bibës).

II.2.2.1. Cumulats du secteur Stoberdë.

Ce secteur se trouve au centre, centre-Est du massif.

Différentes cartes géologiques, dont celle à 1:2000^{ème}, une coupe (Fig. I.16. A) et les forages effectués dans le secteur en question (Fig. I-11B) nous présentent la succession suivante :

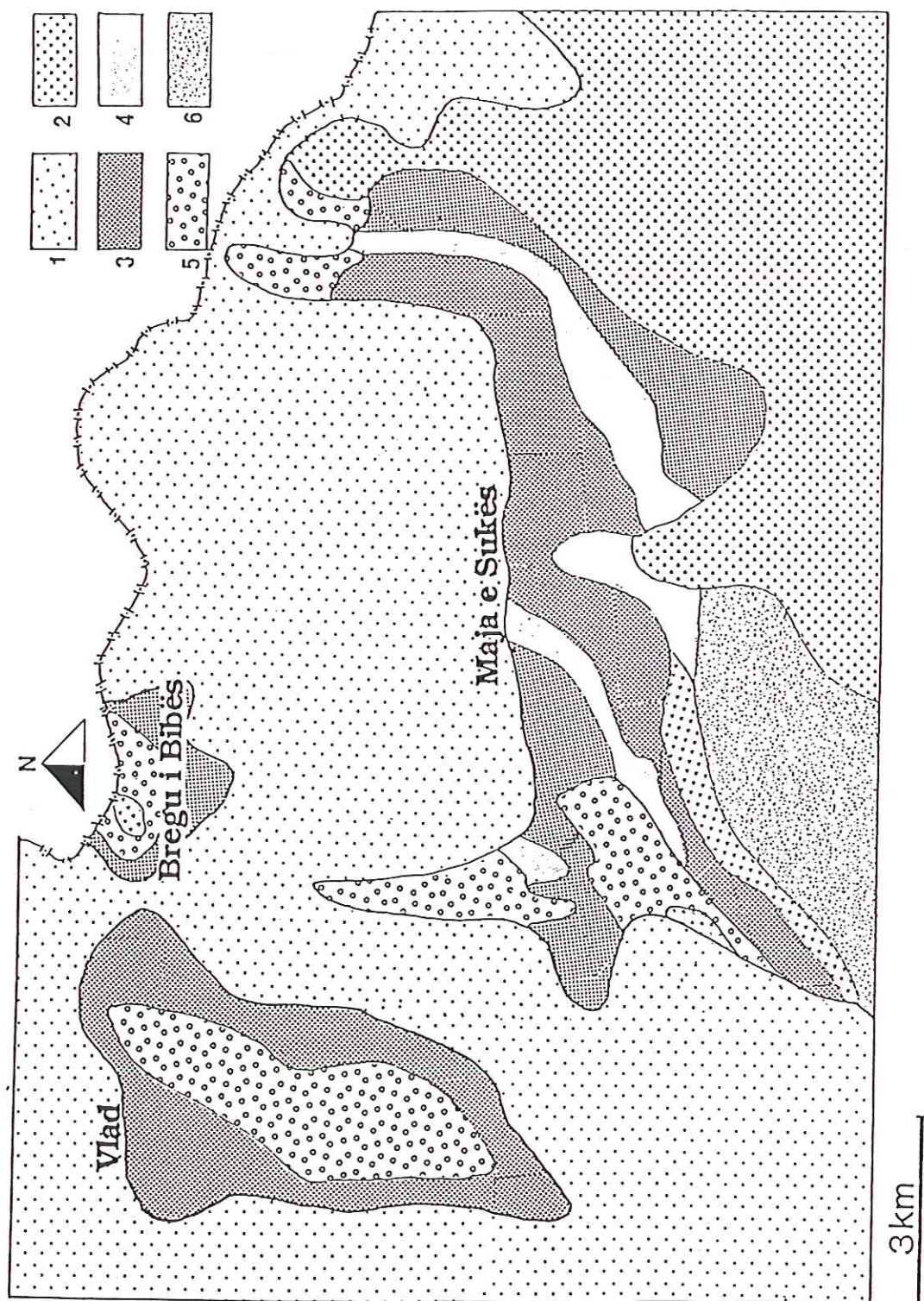


FIGURE I.10. -Affleurements des cumulats dans le massif de Tropoja. Carte simplifiée. 1- Manteau harzburgitique ; 2- Gabbros ; 3- Dunites ; 4- harzburgites plagiifères ; 5- Pyroxénites ; 6- Roches effusives.

- à la base des harzburgites serpentinisées d'une puissance à peine de 10m;
- des dunites, elles aussi serpentinisées, d'une puissance d'environ de 60m;
- une zone d'alternances dunite-pyroxénite. Sa puissance est peut-être un peu réduite dans la coupe, mais dans les forages elles atteignent les 80m, dont la partie riche en EGP fait environ 15m;
- des orthopyroxénites à gros grains intercalées très rarement par des dunites et gabbros à pyroxène (surtout orthopyroxène) pegmatitique. Leur puissance est d'environ de 200m;
- des mélagabbros et ferrogabbro-norites d'une puissance environ de 50m.

Dans le secteur de Pac-Vlad, où affleure le même type de cumulat, la zone d'alternance dunite-pyroxénite est plus réduite. Elle est observée dans l'indice de Vlad. Les gabbros y sont absents.

II.2.2.2. La séquence cumulative Sud de Kam.

Cette séquence commence à Berishë (Shëngjergj) et se continue au Sud de Kam, de Helshan, et au Sud de Kepenek jusqu'à Zgjeç (Fig. I-10).

Les travaux cartographiques et la coupe Kam-Helshan (Fig. I-16 B) nous ont permis d'établir la colonne lithostratigraphique ci-dessous (Fig. I-11A) :

- à la base des dunites serpentinisées qui, localement, alternent avec des niveaux plus ou moins riches en chromite. Ces dunites sont recoupées de filons de chromite, pyroxénite et gabbro ;
- aux dunites succèdent des harzburgites plagifères rubanées, à grains très fins. Vers le sommet, les rubans des harzburgites contiennent de la chromite accessoire. Leur puissance est d'environ de 150m ;
- puis, de nouveau une alternance de dunites et de pyroxénites. Dans la coupe les pyroxénites sont souvent en filon, tandis que plus à l'Ouest, vers Shëngjergj (Përroi i Rushtës), elles forment un massif pyroxénitique.

Les cristaux de pyroxène (surtout des clinopyroxènes) ont une taille

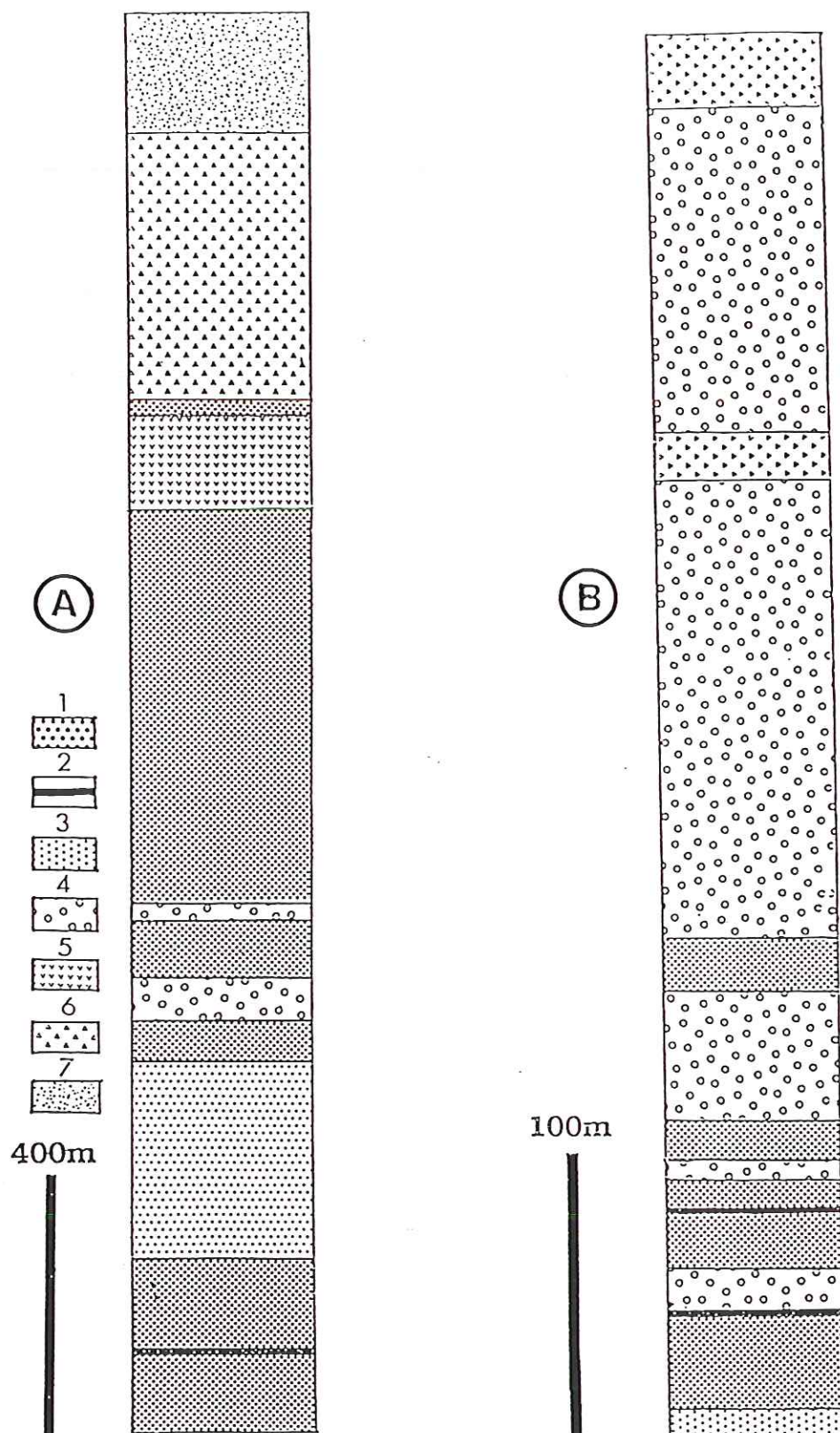


FIGURE I.11. -Logs représentatifs des cumulats du massifs ophiolitiques de Tropoja : A- Kam-Helshan ; B- Bregu i Bibës. 1- Dunites ; 2-Chromites ; 3- Harzburgites ; 4- Pyroxénites ; 5- Lherzolites-wehrlites ; 6- Gabbros ; 7- Roches effusives.

moyenne. Ce niveau dunite-pyroxénite est assez puissant. Il atteint les 500m. Il faut noter que, vers le sommet le niveau devient purement dunitique ;

-un niveau de lherzolite-wehrlite d'une épaisseur d'environ de 80m succède plus haut. Ces roches sont recoupées, au contact des dunites par un filon de métagabbro ;

-par l'intermédiaires d'une fines couche de dunites, la coupe se termine par des gabbros et des roches effusives. L'ensemble de ces roches a une épaisseur d'environ de 350m.

II.2.3. Roches effusives.

Ces roches sont situées, surtout, dans la partie sud du massif. Elles constituent la partie sommitale de la zone de Mirdita. La base de cette formation effusive est formée par des laves riches en titane et par des laves pauvres en titane associées à des kéraatophyres vers le sommet.

Selon leurs caractéristiques pétrographiques et leur répartition différents auteurs distinguent :

1-des roches volcaniques basiques qui sont répandues dans la ceinture Berishë-Kostur ;

2-des roches volcaniques de composition intermédiaire qui se situent sur les vulcanites basiques et sont restreint au secteur Kostur-Helshan (Vranai 1983) ;

3-des dykes qui sont situés dans le même secteur que les roches effusives. Il constituent les filons nourriciers des laves massives, des laves en coussin ou des intrusion kéraatophyriques. Ces filons peuvent recouper les laves (Gjeologjia e Shqipërisë 1982, Vranai 1983, Shallo 1987, Mekshiqi 1990) ;

4-des roches volcano-sédimentaires qui sont bien répandues dans la zone de Mirdita. Dans le massif de Tropoja, on les trouve au Nord, secteurs de Buçaj-Gegaj, nommé "Suita e Ballabanit", et Begaj-Kërrnajë; au Sud-Ouest, secteur Porav-Miliska, et au Sud-Est sur la rive droite de la rivière Drini i Bardhë.

II.2.4. Formations superficielles.

Les formations superficielles continentales sont d'âge Pliocène-Quaternaire.

Elles forment les terrasses des vallées intramontagneuses et sont composées de dépôts fluviaux hétérométriques peu indurés, remaniés par les rivières intermittentes, actuelles.

II.3. FORMATIONS ENCAISSANTES DU MASSIF.

Les formations qui encaissent le massif, dans la partie albanaise, sont, au Nord, et au Nord-Ouest :

- des sédiments flychoïdes, argiles, grès et calcaires d'âge Crétacé supérieur-Maastrichtien ;
- des calcaires d'âge Crétacé inférieur ;
- des calcaires à mégalodonte, calcaires stromatoliques et dolomies du Trias supérieur ;
- des calcaires, schistes argilo-siliceux, grès et conglomérats d'âge Permien-Trias inférieur;

et au Sud-Est :

- des calcaires, calcaires siliceux et dolomies d'âge Trias supérieur Jurassique inférieur.

Tous les contacts entre le massif ophiolitique et les formations sédimentaires sous-jacentes sont tectoniques. Au Sud-Est, le massif est couvert par des dépôts transgressifs de calcaires crétacés et de molasse éocène à oligocène.

Au Nord-Ouest et au Sud-Est, entre les ophiolites et les séries sédimentaires sous-jacentes il existe des roches métamorphiques représentées par des amphibolites et des schistes à quartz, micas et minéraux manganésifères, qui constituent la semelle métamorphique du massif ophiolitique.

II.4. STRUCTURE DU MASSIF.

II.4.1. Différents types de structures reconnues.

Selon la littérature, trois types de structures sont reconnus:

- des structures primaires, contemporaines de la formation de la pile ophiolitique, donc liées aux phénomènes d'accrétion océanique. Il s'agit du rubanement (S_0), de la foliation (S_1), de la linéation (L_1) dans le manteau et du litage magmatique dans les cumulats (S_m), mais également de l'orientation des épontes des dykes de diabase.

- des structures liées au détachement intra-océanique et à la mise en place des ophiolites sur le continent. Il s'y rattache des structures telles que la schistosité mylonitique dans les unités rubanées, "banded units", ou localement dans les cumulats (Girardeau et Nicolas, 1981), les plis et les écaillés à l'échelle du massif (Boudier et al, 1983) postérieurs à la déformation S_1 du manteau.

- des structures liées à l'histoire post-nappe: plissement et fracturation à l'échelle régionale qui affectent la nappe et le socle autochtone.

Les structures primaires et les failles postérieures ont été principalement mesurées au cours de la cartographie du massif.

II.4.2. Définitions.

Les techniques de travail mises en oeuvre pour l'application des méthodes présentées par Nicolas et al. (1972) ont été décrites en détail par Darot (1973), Darot et Boudier (1975), Boudier (1976), Boucher (1971, 1977) et discutées de manière plus générale par Nicolas et Poirier (1976). Plus récemment, Girardeau (1979), Cassard (1980) en ont fait un résumé détaillé. Dans ces lignes nous nous limiterons à rappeler les principales définitions de ces structures et à commenter quelques points particuliers sur leur origine.

- le rubanement (Moore, 1968; Nicolas, 1969; Kornprobst, 1969; Conquere, 1971; Jackson, 1975; Juteau, 1975 et Cassard 1980) est dû à une ségrégation plus ou moins franche des minéraux jusqu'à l'individualisation d'un litage.

Dans les harzburgites, il est matérialisé par l'alternance de niveaux

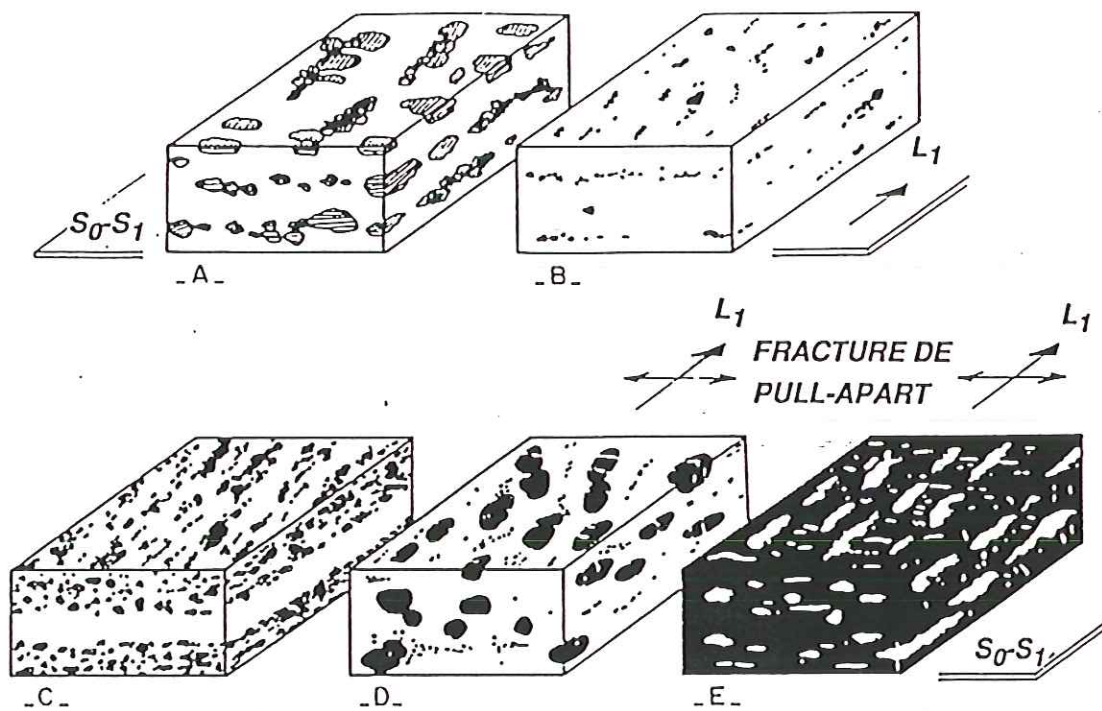


FIGURE I-12 -Rubanement, foliation et linéation dans les péridotites et les minéraux. A- Harzburgites ; B-Dunites ; C-Minéral disséminé ; D- Minéral nodulaire. D'après Cassard (1980).

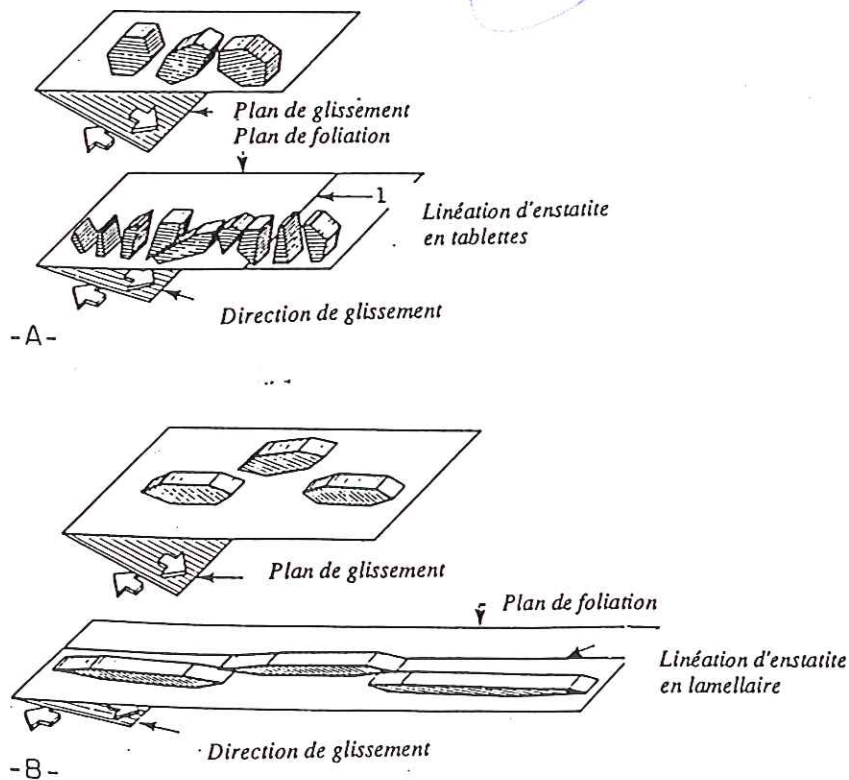


FIGURE I.13 -La linéation d'enstatite en tablettes (A) et la linéation d'enstatite lamellaire (B). D'après Darot et Boudier (1975).

pyroxénitiques et dunitiques sub-parallèles, d'épaisseur variable, alors que dans les dunites massives, il se traduit par de petits lits ténus de chromite. Dans le minerai rubané, il est matérialisé par des alternances de chromite disséminée-dunite, ou de chromite massive-chromite disséminée. Il s'agit donc d'une structure non pénétrative.

-Le plan de contact lithologique. Il s'agit principalement des contacts majeurs : chromite/dunite d'éponte d'une part et dunite d'éponte-harzburgite d'autre part qui permettent de reconstituer la forme de l'enveloppe du corps minéralisé.

Comme structures engendrées par la déformation plastique (Nicolas et al., 1971; Nicolas et al., 1973; Darot 1973; (Darot et Boudier, 1975; Boudier, 1976; Cassard, 1980), on distingue :

-La foliation. Sa signification est purement tectonique. C'est le plan défini par l'aplatissement des minéraux. Il s'agit d'une structure pénétrative, présentée à toutes les échelles d'observation depuis l'affleurement jusqu'à la lame mince.

Dans les harzburgites, elle est marquée par l'aplatissement des enstatites et par des agrégats lenticulaires de spinelle souvent associés aux enstatites. Dans les dunites massives, elle est soulignée par l'aplatissement et l'alignement des grains de chromite. Dans les gisements, elle se présente de différentes manières en fonction du type de minerai.

Dans le minerai disséminé, la foliation est soulignée par les grains de chromite allongés, ou par des chapelets de chromite (Fig. I-12 B, C).

Dans le minerai nodulaire, la foliation est définie par le plan d'aplatissement des nodules de chromite, (Fig. I-12 D).

Dans le minerai anti-nodulaire, réplique "en négatif" du type précédent, elle est soulignée par l'aplatissement des nodules d'olivine inclus dans le minerai (Fig. 12 E).

Le plan de foliation peut, dans de rares cas, être parallèle au rubanement et cela aussi bien dans les péridotites que dans le minerai.

La foliation forme un angle aigu avec le plan d'écoulement du flux asthénosphérique (Nicolas et Poirier, 1976; Nicolas et al. 1980) mesuré à partir de la pétrofabrique des minéraux.

-La linéation (L_1) est définie par l'allongement des minéraux dans le plan de foliation. Suivant les modalités de la déformation, la linéation est matérialisée de plusieurs façons.

Dans les péridotites modérément déformées, la linéation est parallèle à la direction moyenne des traces de clivages des enstatites, celles-ci étant obliques par rapport à leurs clivages. La linéation d'enstatite mesurée est donc perpendiculaire à celle que Darot et Boudier (1975) ont appelé la linéation d'enstatite en tablettes (Fig. 13 A).

Dans les péridotites plus intensément déformées, localisées le plus souvent en bordure du massif, les cristaux d'enstatite sont fortement allongés et étirés. La linéation est alors parallèle à la direction moyenne d'allongement de l'enstatite. C'est la linéation d'enstatite lamellaire (Darot et Boudier 1975; Cassard, 1980) (Fig. 13 B).

Dans les dunites massives et les minerais disséminés, la linéation est marquée par l'allongement et l'alignement des spinelles, ou par l'étirement des chapelets de grains.

Dans les minerais nodulaires et anti-nodulaires deux types de linéation peuvent exister, (Fig. I.12,D,E): le premier type est souligné par l'allongement des nodules de chromite ou des nodules d'olivine dans le plan de foliation et le deuxième type de linéation, dite "pull-apart," est mesurée perpendiculairement à des fractures remplies de serpentine blanche ou verdâtre, qui apparaissent dans les nodules de chromite. Ces fractures tendent à se disposer perpendiculairement par rapport à l'allongement des nodules. Les textures de "pull-apart", (Thayer, 1960; Cassard, 1980) traduisent l'étirement subi par le minéral.

Dans les minerais massifs seule la linéation de "pull-apart" est présente.

-Les axes de plis. Les péridotites ainsi que les gisements sont plissés. Les plis sont isoclinaux quelquefois renversés. Les axes des plis sont parallèles à la linéation.

-Les structures contemporaines à postérieures de la déformation plastique sont constituées des plans d'injection des filons, des plans de cisaillement et des plans de failles.

II.4.3 . Structure du massif.

A partir des données lithologiques et structurales levées sur le terrain, des cartes (Fig. I-14) et des coupes géologiques (Fig. I-15 et I-16) à différentes échelles ont été établies.



FIGURE I.14. - Carte structurale du massif de Tropoja. Légende cf. figure I.8.

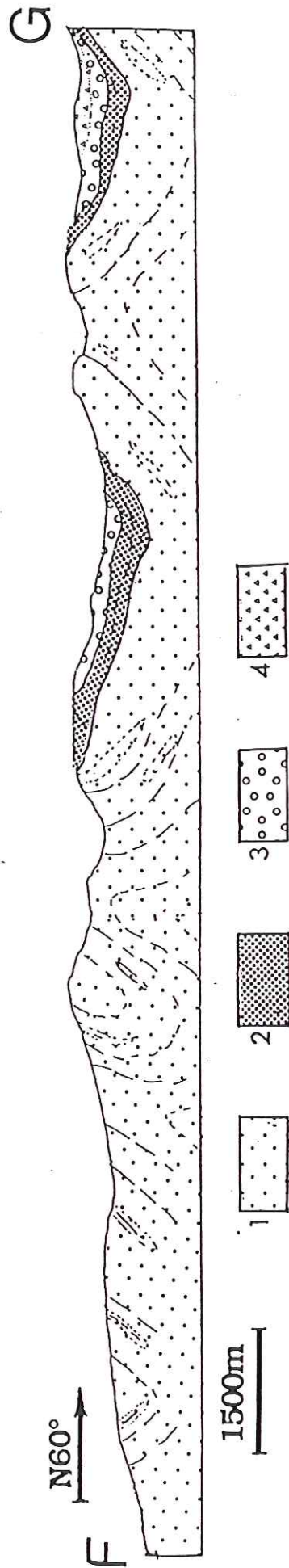


FIGURE I.15. -Structure du manteau, position des cumulats dans la coupe. 1- Mantau harzburgitique ; 2- Dunites cumulatives ; 3- Pyroxénites ; 4- Gabbros.

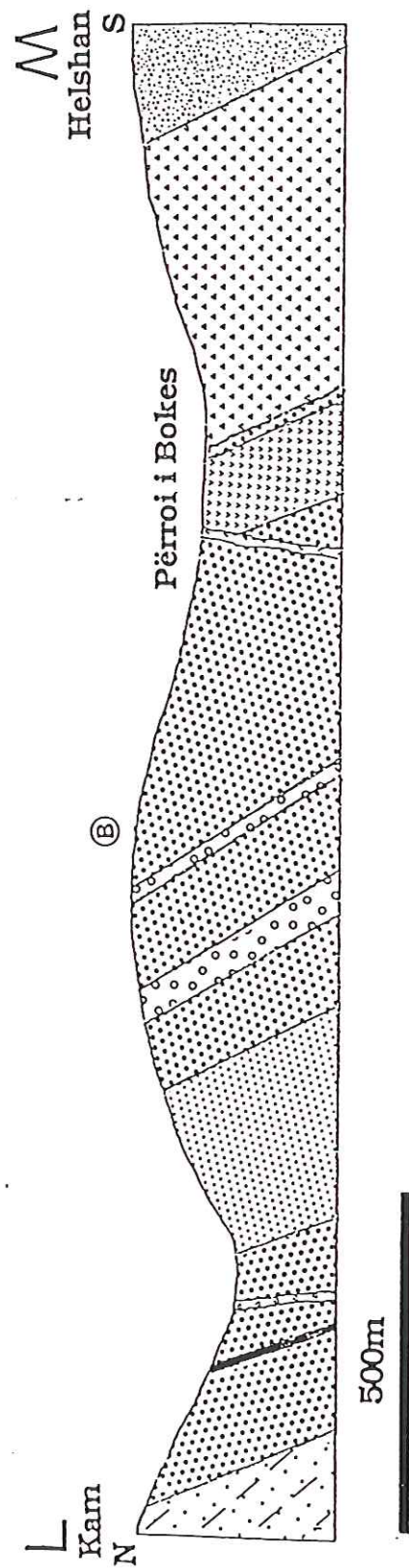
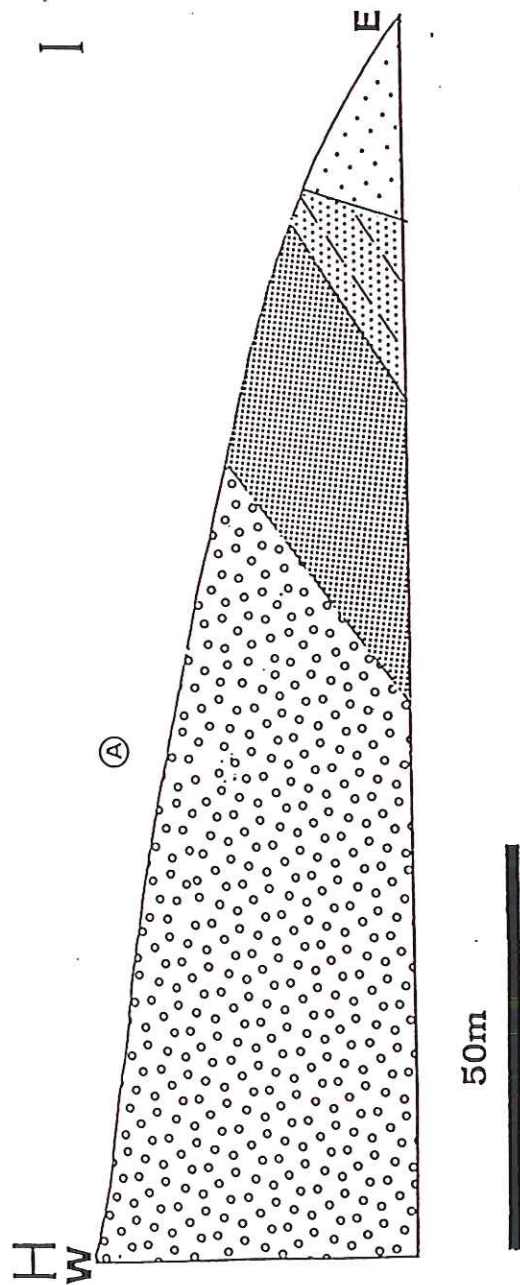


FIGURE I. 16. -Deux coupes dans les cumulats : A- Bregu i Bibës ; B- Kam-Helshan. Discordance angulaire entre le manteau harzburgitique et les cumulats. Légende cf. figure I. 11.

Ce matériel abondant nous permet de faire une brève description structural du massif.

La structure sur la carte est représentée surtout en se basant sur le rubanement, mais il faut noter que il n'y a pas de grandes différences entre la direction de rubanement, foliation et linéation.

Le manteau présente une mégastucture synclinale, dont l'axe passe par Kepenek, en dessous des cumulats de Stoberdë, de Maja e Brajkut, de Maja e Begajt et s'amortit à l'aproximité du secteur de Mejdan. Cette mégastucture synclinale est compliquée, surtout dans le secteur C, de chaque côté par des anticlinaux et synclinaux de deuxième ordre. La direction de cette mégastucture est NW-SE. Dans la partie Nord, Nord-Ouest cette direction devient brutalement NE-SW. Il s'agit là peut-être d'une fermeture périclinale. Au Sud-Est cette direction prend une légère tendance Nord-Sud. Ceci serait à mettre en rapport avec des virgations compliquant aussi la mégastucture synclinale du massif.

Les cumulats affleurent surtout dans les synformes du manteau (Fig. I-15). Ils sont discordants en direction et en pendage sur le manteau. Dans le contact avec le manteau, cette discordance est plus ou moins faible, mais elle augmente au fur et à mesure que l'on s'éloigne de ce contact. La direction de la structure dans les cumulats est NE-SW. Le pendage dans le cas de Stoberdë est faible (Fig. I-16A) tandis que dans le cas des cumulats au Sud de Kam (Fig. I-16 B, il est plus fort que celui du manteau. La structure des cumulats n'est pas compliquée.

Dans la plupart des gisements la direction d'allongement des corps minéralisés est concordante avec celle de la structure des roches encaissantes, le pendage pouvant varier. Des corps minéralisés peuvent être discordants par rapport à la structure plissée de l'encaissant: ainsi l'indice Dunishë présente une direction presque perpendiculaire à celle de la foliation de l'encaissant.

Selon la classification structurale des gisements, (Thayer, 1964 b; Cassard, 1980, Ohnenstetter 1985) les corps minéralisés du massif de Tropoja sont soit concordants, soit sub-concordants ou discordants.

II.5. IMPORTANCE DES DECROCHEMENTS.

Les ophiolites chevauchent les formations de la marge par l'intermédiaire de roches métamorphiques amphibolites et schistes amphiboliques comme au NW du massif. Les péridotites sont souvent serpentinisées à proximité du contact

chevauchant.

La masse ophiolitique est elle-même affectée par des fractures transverses NE-SW dont l'origine est discutée. Deux hypothèses s'affrontent : selon la première, les fractures seraient précoces, contemporaines de l'accrétion océanique et liées à des failles transformantes. (Aubouin et al., 1970; Aubouin et Dercourt, 1975); selon la seconde hypothèse, les fractures seraient tardives liées à l'emplacement de la nappe ou postérieures à celui-ci (Chorovitz et al., 1981)

La transversale de Scutari-Pec (Shkodër-B Curri-Pejë) est orientée N55°. Elle décale de 100 km les ophiolites d'Albanie par rapport à celles de la zone Serbe. Selon Aubouin et al. (1970) un décrochement dextre, tardif, lié au chevauchement jurassico-crétacé serait responsable du décalage observé. L'âge de la faille pourrait même être plus tardif, un âge Paléogène ayant été proposé (Chorovitz et al., 1981). A l'encontre de cette hypothèse, Chorovitz et al. (1981) ont fait remarquer, en se basant sur la direction de compression (N42° plus ou moins 10°), que le fonctionnement de la faille (s'il était tardif) aurait dû être sénestre et non dextre. Ainsi le décalage apparent devait être plus ancien (Aubouin et Ndojaj, 1964) que le front de chevauchement suivant les fracturations anciennes.

De nombreuses autres failles NE-SW ont joué en décrochement sénestre. Ces failles ont décalé des corps minéralisés tel celui de la mine de Rragam-1.

On trouve aussi des décrochements, le plus souvent dextres, et des failles normales qui ont une direction SE-NW, pentées vers le NE d'un angle de 35° à 75°. L'amplitude du déplacement le long de ces failles atteint 160 m, voire plus. Elles peuvent décaler les corps minéralisés. Certaines zones tectoniques ont une puissance qui varie de quelques cm à 2,5 m. Dans ces zones tectoniques, on trouve des serpentinites des brèches dunitiques et quelquefois des serpentinites bréchifiées, dont la matrice est composée de matériel quartzeux (opale calcédoine).

La tectonique postérieure à la mise en place des gisements de chromite est donc très importante. Elle modifie l'aspect des gisements initiaux en provoquant des rejets importants et/ou des rejeux de fractures anciennes.

DEUXIEME PARTIE

ETUDE PETROLOGIQUE ET GEOCHIMIQUE

INTRODUCTION

Cette étude est basée sur les observations de terrain, les observations microscopiques, et sur les analyses monominérales effectuées à la microsonde sur les minéraux et par voie chimiques pour les roches totales

Afin de mettre en évidence des différences à l'échelle du terrain, nous avons distingué dans le manteau trois secteurs : le secteur A faisant la partie Nord du massif ; le secteur B qui fait la partie Centre-Ouest du massif et le secteur C qui fait la partie Centre-Est du massif (Fig. II.1.).

Pour les cumulats, nous allons essayer de mettre en évidence des différences entre les cumulats de la région Stoberdë (Indice de Bregu i Bibës) et les cumulats de la coupe Kam-Helshan.

Les observations microscopiques nous ont apporté des informations sur la texture et la fraîcheur de la roche. Ces observations ont précédé les analyses à la microsonde.

Les analyses chimiques réalisées ont permis d'obtenir la composition en éléments majeurs, en traces et terres rares des principaux faciès lithologiques.

De manière plus fine, les analyses par microsonde nous ont permis d'accéder à la cristallochimie des minéraux. Les analyses monominérales ont été effectuées dans les microsondes automatisées "CAMEBAX" Microbeam et "SX50" du laboratoire de microanalyses mixte BRGM-CNRS.

Les conditions analytiques ont été les suivantes : tension d'accélération 15 kv ; courant d'échantillon 10 mA ; angle d'émergence 40° ; temps de comptage 10 secondes sur le pic et 5 secondes sur le fond ; le programme de correction, ZAF (Henoc et Tong, 1978) pour la "CAMEBAX" Microbeam et PAP (Pouchou et Pichoir, 1984) pour la "SX50".

L'étude de cette deuxième partie est subdivisée en deux : études sur les roches et étude sur la minéralisation chromifère.



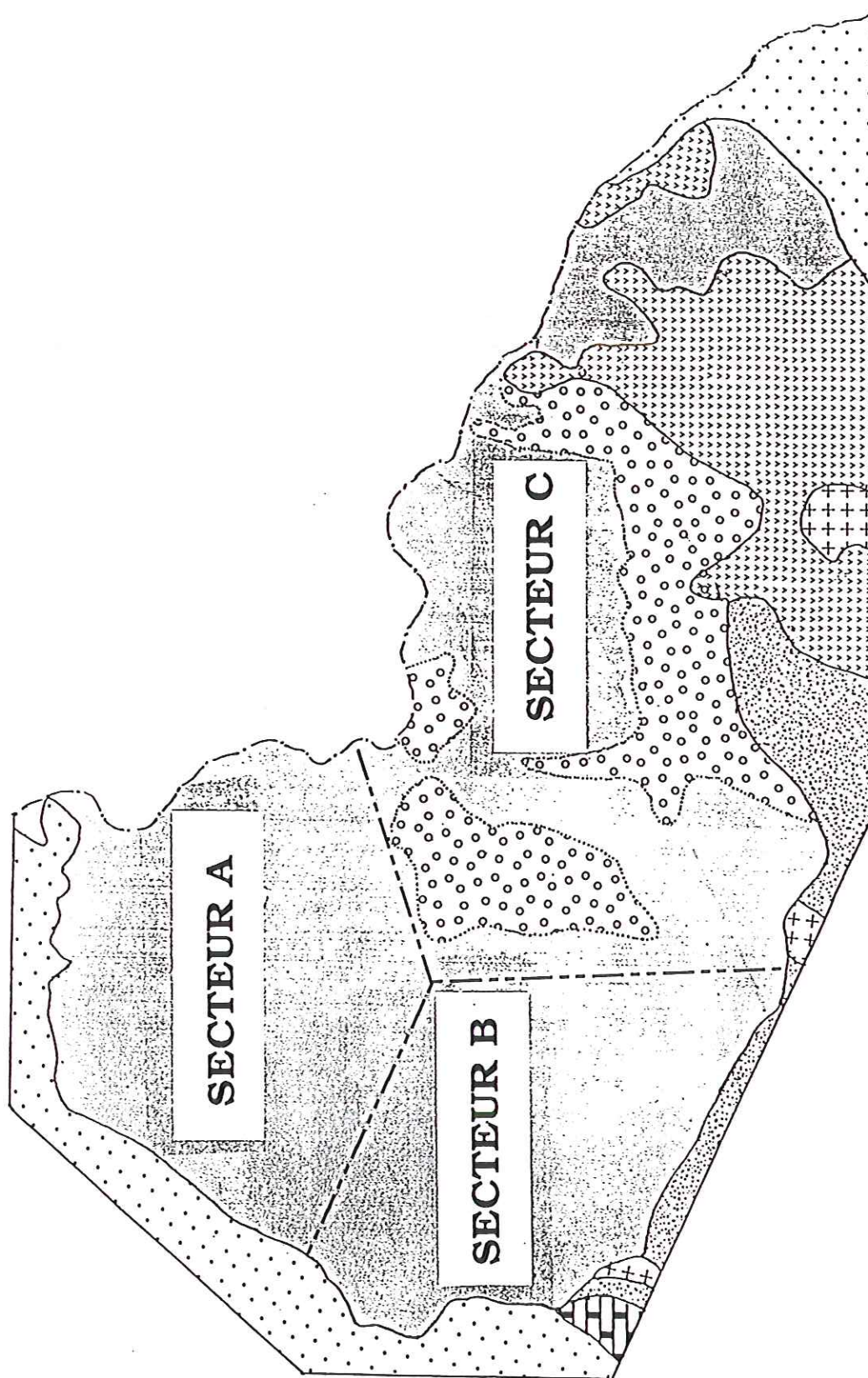


FIGURE II.1. - Division du massif en trois secteurs : A, B et C

A. ETUDE DES ROCHES

CHAPITRE I

I.1. RAPPEL SUR LA TEXTURE DES ROCHES.

La dénomination des roches se fait suivant la classification de Streckeisen (1973 et 1976).

La dénomination des textures a été faite en se basant sur la classification de Wager et al. (1960) concernant les texture des cumulats et de Bard (1980) concernant les autres roches.

I.1.1. Textures présentées par des cumulats basiques et ultrabasiques dans des complexes lités ou stratifiés.

La plupart des roches étudiées présentent des textures cumulatives classiques. Ces textures ont pris naissance au sein d'un liquide magmatique et sont donc caractérisées par la présence de deux, voire plusieurs, générations de cristaux formés à des différents moments pétrogénétiques de ces roches:

La première génération de cristaux (primocristaux autochtones) constitue la phase cumulus. Elle a cristallisé dès le début par précipitation directe ou par d'autres mécanismes de sédimentation magmatique ;

La deuxième génération de cristaux constituant la phase intercumulus a cristallisé *in situ*, entre les cristaux cumulus, sous le jeu oscillatoire très complexe de divers gradients : nucléation, diffusion, croissance cristalline, viscosité.

Proportion et taille des cristaux cumulus et intercumulus permettent de distinguer les différents types de texture :

-Textures orthocumulats (Fig. II.3.1.) présente deux phases principales bien exprimées. Les minéraux décantés, donc des cristaux cumulus, sont essentiellement sub-automorphes et figés par la syncristallisation de cristaux intercumulus xénomorphes. La fabrique est évidente lorsque les minéraux ont des habitus tabulaires ou prismatiques. Ce cas de figure rend compte de l'existence de courant magmatique au niveau de plancher cumulatif

considéré. Les orthocumulats ont des minéraux zonés qui ont cristallisés in situ lors d'un processus gravitationnel relativement rapide.

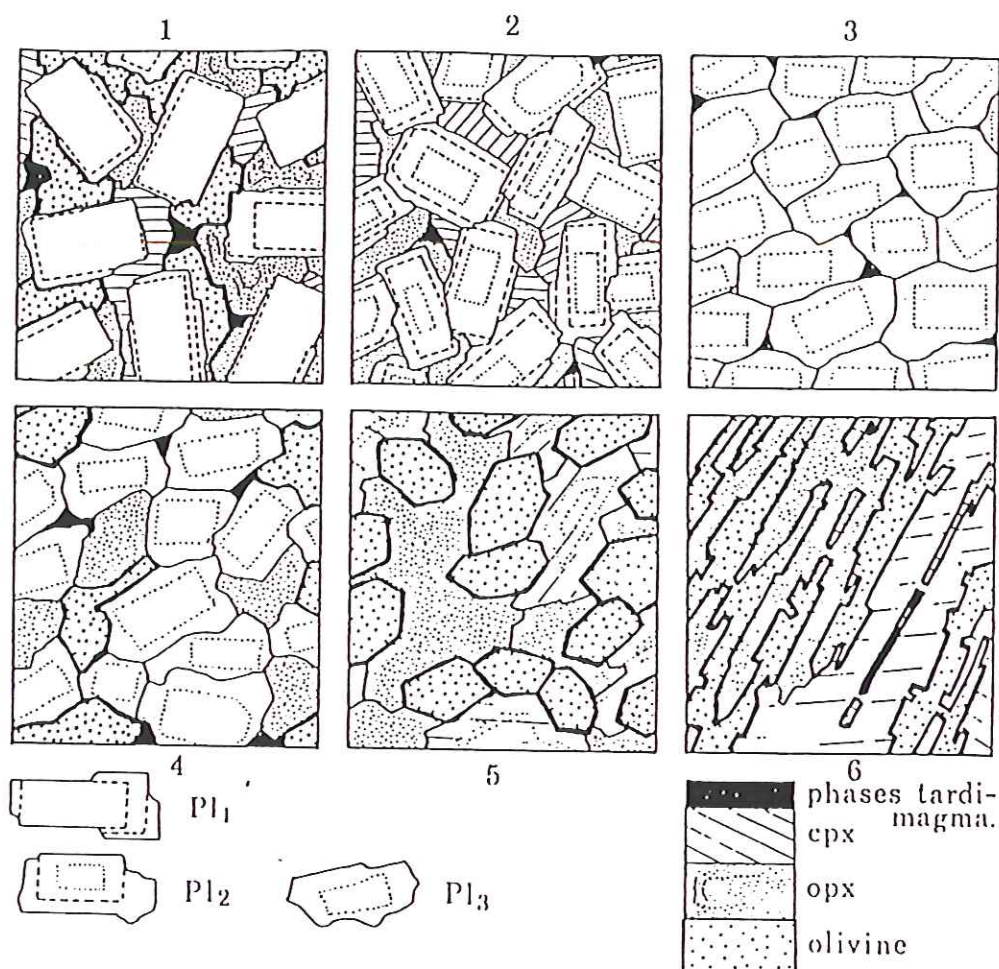


FIGURE II.3. -Textures schématique présentées par des cumulats basiques et/ou ultrabasiques dans des complexes magmatiques lités ou stratiformes (inspiré de Wager et al., 1975). 1- Orthocumulats ; 2- Mésocumulats ; 3- Adcumulats ; 4- Adcumulats polycristallin ; 5- Hétéradcumulats ; 6- Crescumulats ou cumulat harristique. Pl₁, Pl₂, Pl₃: Différents stades de surcroissance du plagioclase.

-Textures adcumulats (Fig. II.3.3.) sont des textures mono ou polyminérales, caractéristiques des roches dont la phase intercumulus est très discrète, voire même absente. Les minéraux cumulus tendent à être xénomorphes et frongés d'une zone d'accroissement relativement épaisse autour d'un cœur automorphe des phases décantées. Du point de vue pétrogénétique on admet que les minéraux cumulus des adcumulats

proviennent d'une décantation très lente au cours de laquelle la croissance des cristaux cumulus s'effectue de façon sub-isotherme par diffusion de matière à partir d'un magma principal dont la composition n'est pas présentée par les phases intercumulus.

-Textures mésocumulats (Fig. II.3.2) sont des textures intermédiaires entre celles en orthocumulats et en adcumulats. Elles sont présentées par des cristaux cumulus généralement automorphes et cimentés par des phases intercumulus symplectitiques ou franchement tardimagmatiques et interstitielles.

-Textures hétéradcumulats (Fig. II.3.5.) Ce sont des textures caractérisées par la taille et la forme remarquable des cristaux postcumulus qui se présentent sous l'aspect de poecilites différents des phases cumulus. Ces grandes cristaux amiboïdes, exceptionnellement zonés, se développent vers le toit des adcumulats et sont issus de la coalescence in situ et de la croissance d'une miryade de nuclei disposés dans le liquide intercumulus jusqu'à l'épuisement de ce dernier (Wager et al. 1975).

-Textures crescumulats ou cumulats hiarristiques (Fig. II.3.6.) Ces textures proviennent d'une croissance orientée probablement de type dendritiques de minéraux très allongés, parfois creux. Ces cristaux aciculaires sont cimentés par des cristaux analogues à ceux que l'on observe dans l'intercumulus des hétéradcumulats. Dans ces textures on voit assez souvent des cristaux allongés qui tendent à être perpendiculaires à l'horizon "sédimentaires" sous-jacent ce qui suggère un arrêt momentané des processus de décantation magmatique.

Ce type de texture correspond à la cristallisation sur place et sous des conditions de tranquillité quasi-absolue d'un liquide situé au toit d'un rythme cumulatif.

I.1.2. Textures des tectonites.

I.1.2.1. Roches sans foliation.

-Texture cataclastique. (Fig. II.4.1.) Elle est formée de clastes anguleux dont la taille très variable (en général 30% d'eux ont un diamètre maximum de 0,2 mm), et accessoirement par des fragments d'autres minéraux transparents ou opaques.

Tous ces minéraux paraissent inclus dans une matrice microgrenue. Cette texture ressemble fortement à celle des roches cataclastiques que l'on observe dans des zones broyées. A la différence des mylonites, nous n'observons pas ici de foliation ou de rubanement tectoniques.

-Texture protoclastique, (Fig. II.4.2.) Cette texture se rencontre dans les roches magmatiques où apparaissent des minéraux cassés, déformés ou granulés, englobés dans les cristaux ayant cristallisé tardivement.

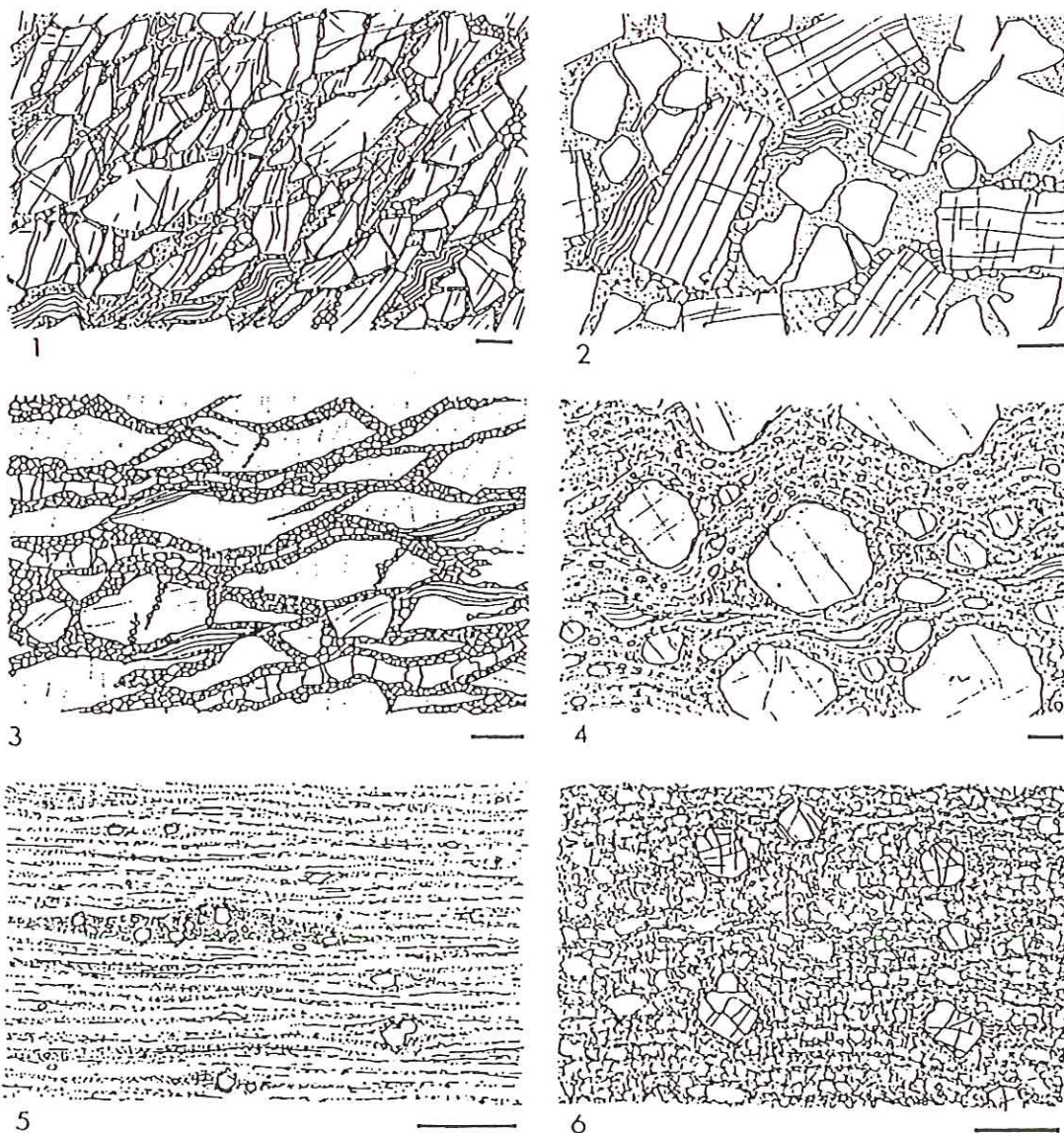


FIGURE II.4. -Différentes textures de tectonites : 1- Cataclastique ; 2- Protoclastique ; 3- Protomylonitique ; 4- Mylonitique ocellée ; 5- ultramylonitique et 6- blastomylonitique. (Tiré de Bard 1980). Une barre égal 1 mm.

I.1.2.2. Roches foliées.

-Texture protomylonitique. (Fig. II.4.3.) Elle est caractérisée de 50 à 95% de clastes englobés dans une matrice à grains fins.

-Texture mylonitique oeilé. (Fig. II.4.4.) La roche montre des yeux mono ou polycristallins (porphyroclastes ovoïdes dont 10 à 50% ont plus de 0,2 mm de diamètre) moulés par une matrice à grains fins, rubanés et parfois microplissée.

-Texture ultramylonitique (Fig. II.4.5.) est constituée de 0 à 10% de porphyroclastes de moins de 0,2 mm, englobés et moulés par une matrice granoblastique à grains fins foliée ou rubanée.

-Texture blastomylonitique. (Fig. II.4.6.) La roche est constituée de 5 à 30% de porphyroclastes plus au moins recristallisés, moulés par une matrice granoblastique de minéraux syncinématiques recristallisés et/ou néoformés, (cataclase à haute température).

I.1.2.3. Tectonites d'origine mantellique.

-Texture grenue magmatique (Fig. II.5.1.) (équante ou tabulaire). La roche montre un assemblage de cristaux, tous visibles à l'oeil nu, dont la distribution est aléatoire. Cette texture est caractéristique de nombreuses péridotites.

-Texture porphyroclastique en cloison (Fig. II.5.2.). Cette texture est constituée de plus de 10% de porphyroclastes d'olivine et de pyroxène plus au moins allongés selon une foliation. En outre, ces porphyroclastes sont cimentés par des petits cristaux d'olivine agencés en mosaïque et exempt de déformation. Ces cristaux sont soit néoformés, soit issus d'une recristallisation à partir de grains plus petits.

-Texture porphyroclastique en mosaïque. (Fig. II.5.3.) Dans ces roches on trouve moins de 10% de porphyroclastes d'olivine, et surtout de porphyroclastes de pyroxène, inclus dans une matrice granoblastique polygonale foliée, où prédominent de petites olivines non déformées et qui forment de nombreux points triples.

-Texture porphyroclastique en mosaïque fluidale. (Fig. II.5.4.) Elle est caractérisée par l'absence de porphyroclastes d'olivine et la

présence, assez rare, de porphyroclastes de pyroxène qui se désagrègent en de nombreux fragments marquant un fin litage. La matrice granoblastique est arrangée en mosaïque polygonale. Les grains d'olivine y sont hétérogranulaires, non déformés, non orientés et présentent de nombreux points triples. Cette dernière texture trouve son origine dans les phénomènes essentiellement thermiques.

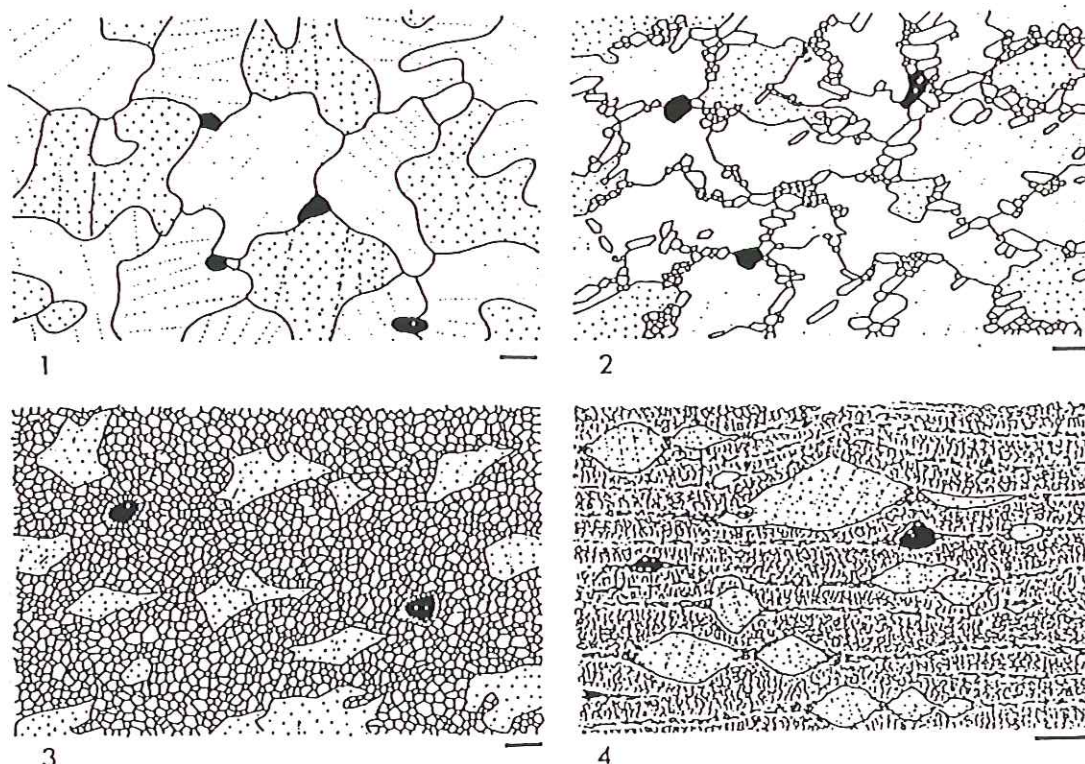


FIGURE II.5. -Cas particuliers de textures des tectonites d'origine mantellique : 1- Texture grenue magmatique ; 2- Texture porphyroclastique "en cloison" ; 3- Texture porphyroclastique "en mosaïque" ; 4- Texture granoblastique "en mosaïque" (Tiré de Bard 1980). Une barre égal 1 mm.

CHAPITRE II

II. LES PERIDOTITES

II.1. LES HARZBURGITES MANTELLIQUES

II.1.1. Pétrographie.

Les harzburgites constituent le faciès principal du manteau. Ces roches sont constituées :

-d'olivine jusqu'à 90%. Ce minéral se présente en plages de couleur vert olive à brun jaunâtre. Les cristaux, qui peuvent atteindre 1 cm, peuvent être très frais ou complètement serpentinisés. Ils sont généralement plus affectés par la serpentinisation que ceux de l'orthopyroxène. Dans certains cas, ils sont déformés. La déformation est attestée par l'extinction roulante des cristaux d'olivine et la présence de "king band boundary" (KBB). Parfois, on observe de petits cristaux d'olivine automorphes dont les faces font entre elles des angles proches de 120°. Ces cristaux se sont formés lors d'une recristallisation tardive.

-d'orthopyroxène en cristaux souvent olive à brun vert allongés et aplatis. La taille de cristaux peut atteindre 1,5 cm. La proportion d'orthopyroxène varie de 10 à 40%, d'un échantillon à l'autre. L'allongement des cristaux souligne la linéation d'étirement sur le plan de foliation.

-de spinelle chromifère en grains millimétriques de couleur noire présent en faible quantité dans la roche. Les cristaux sont souvent automorphes mais des cristaux amiboïdes y sont observés. Ces cristaux sont généralement disséminés dans la roche mais aussi en petits schlieren. Parfois, ces cristaux sont entourés d'une auréole de magnétite ou de ferrichromite.

-de clinopyroxène en général accessoire et intergranulaire.

-d'amphibole qui, comme le clinopyroxène, est accessoire et intergranulaire.

Sur le terrain la foliation est souvent peu visible. Quand elle existe, elle est subparallèle au rubanement fruste.

La description faite ci-dessus nous permet de considérer les textures porphyroclastiques (Photo 1,2,3,4,5, planche I-1) et porphyroclastiques en mosaïque comme des textures typiques de ces roches. Les porphyroclastes sont surtout constitués par de l'olivine et de l'orthopyroxène, inclus dans la matrice granoblastique (néoblastique) polygonale, elle même composée d'olivine, d'orthopyroxène, de clinopyroxène, de spinelle et d'amphibole.

II.1.2. Chimie des minéraux.

Les variations de composition chimique considérées pour chaque minéral rencontrés dans les harzburgites mantelliques sont minimales au sein d'un même échantillon tandis que pour des échantillons pris notamment dans les différentes parties du massif il peut exister des variations considérables.

II.1.2.1. L'olivine.

Les teneurs en forstérite (Fo) des olivines des harzburgites, des trois secteurs du massif et du massif dans son ensemble sont reportées sur la figure II.6.

Les compositions moyennes en forstérite obtenues sont les suivantes :

	Secteur A	Secteur B	Secteur C	Le massif
Forstérite, Fo	91,82	91,83	91,52	91,63
Ecart type σ	0,61	0,59	0,92	0,82
Nombre d'analyses	24	13	60	97

En observant les valeurs ci-dessus et les histogrammes de répartition (Fig.II.6.) nous pouvons dire que les olivines des harzburgites du secteur A ont des teneurs en Fo assez homogènes Fo, compris entre 91 et 93%, tandis que la fourchette des teneurs en Fo du secteur C est beaucoup plus large, 90 à 95%. La majorité des analyses pour les secteurs A et C montrent des teneurs en Fo allant de 91 à 92%, tandis que presque la moitié des teneurs en Fo du secteur B entre dans l'intervalle 92-93%.

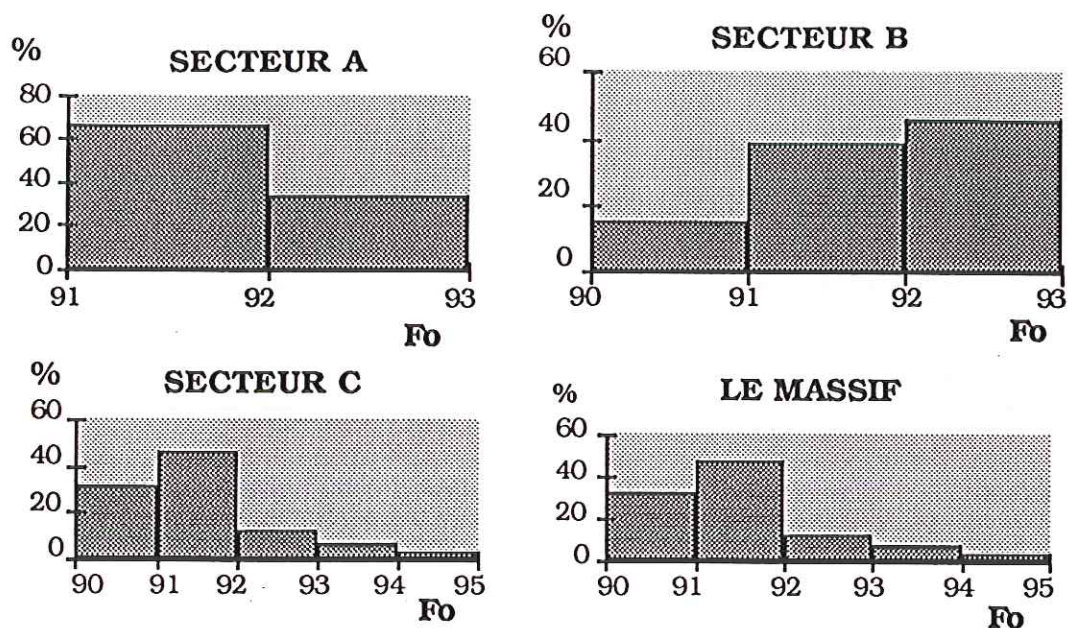


FIGURE II.6. -Répartitton des teneurs en forstérite (Fo) dans différentes secteurs (A,B,C,) du massif et le massif dans son entier.

Les diagrammes Ni at., MnO at. en fonction de Fo (Fig.7.) montrent un enrichissement en NiO des olivines des harzburgites depuis le secteur A jusqu'au secteur C. Les olivines des harzburgites du secteur B ayant une position position intermédiaire. Les teneurs en Mn at. ne montrent pas de différences significatives.

Les autres éléments présentent des teneurs trop faibles pour pouvoir être significatives.

Roeder et Emslie (1970) mentionnent que la composition des olivines dépend essentiellement du rapport FeO/MgO du liquide avec lequel elles ont été en équilibre. Cependant, le fait que l'olivine représente environ 80% des harzburgites implique que leur teneurs en Fo, par effet tampon, ne puissent pas être modifiées.

II.1.2.2. L'orthopyroxène.

Les teneurs en enstatite (En) des orthopyroxènes des harzburgites mantelliques pour les secteurs A, B et C du massif et pour le massif dans son ensemble sont présentées dans les histogrammes de la figure II.8.

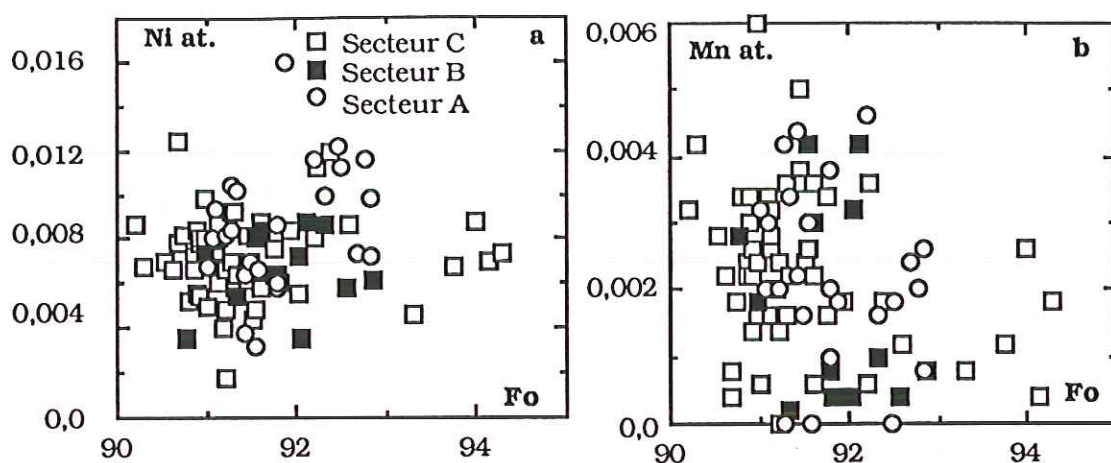


FIGURE II.7. --Corrélations entre les teneurs en (a) Ni at. et en (b) Mn at. en fonction des teneurs en Fo des olivines des harzburgites des trois secteurs (A,B,C) du massif. Enrichissement en Ni at. et Fo des olivines du secteur A.

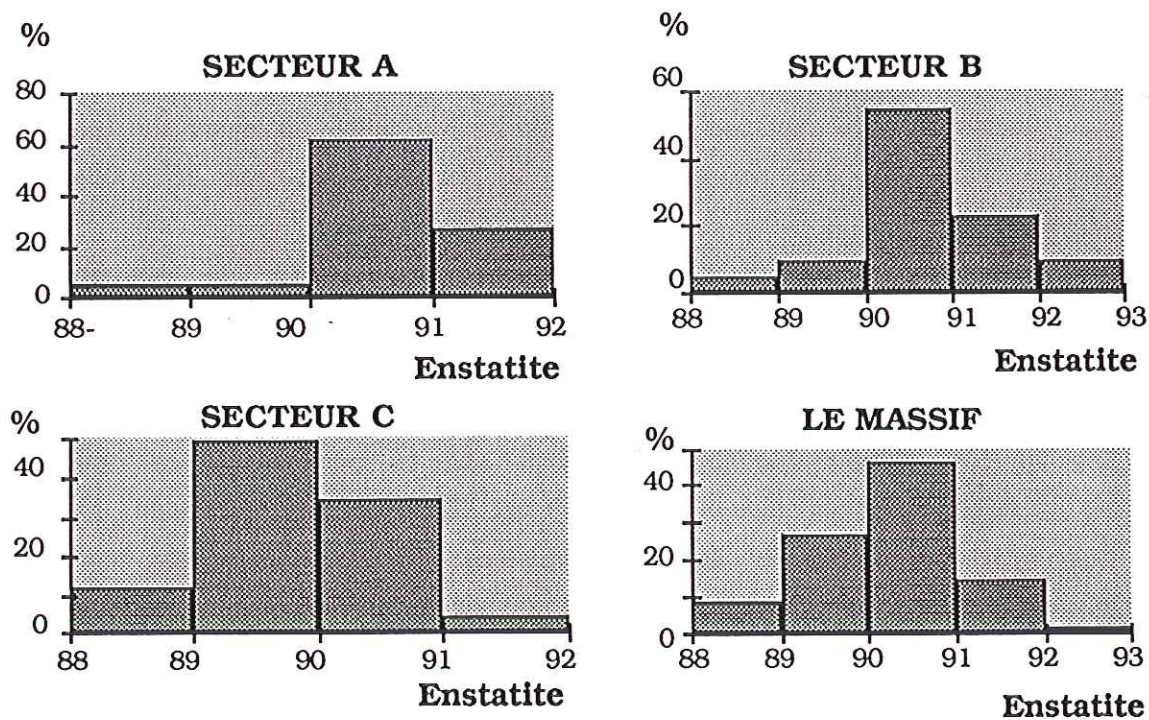


FIGURE II.8. -Répartition des teneurs en enstatite pour le massif et ses secteurs A, B et C.

Les teneurs moyennes calculées pour le massif et ses secteurs A, B et C sont les suivantes :

	Secteur A	Secteur B	Secteur C	Le massif
Enstaite, En	90,66	90,77	89,83	90,23
Ecart type, σ	0,7	0,8	0,69	0,83
Nombre d'analyses	37	22	69	128

Les histogrammes (Fig..) et les valeurs ci-dessus montrent l'enrichissement en Mg (En) des orthopyroxènes des harzburgites du secteur B par rapport au secteur C, le secteur A étant voisin du secteur B.

Reportés sur le diagrammes triangulaire MgSiO_3 - FeSiO_3 - CaSiO_3 de Poldervaart et Hess (1951) la majorité des analyses des orthopyroxènes des harzburgites sont des enstatites et des bronzite (Fig. II.9.).

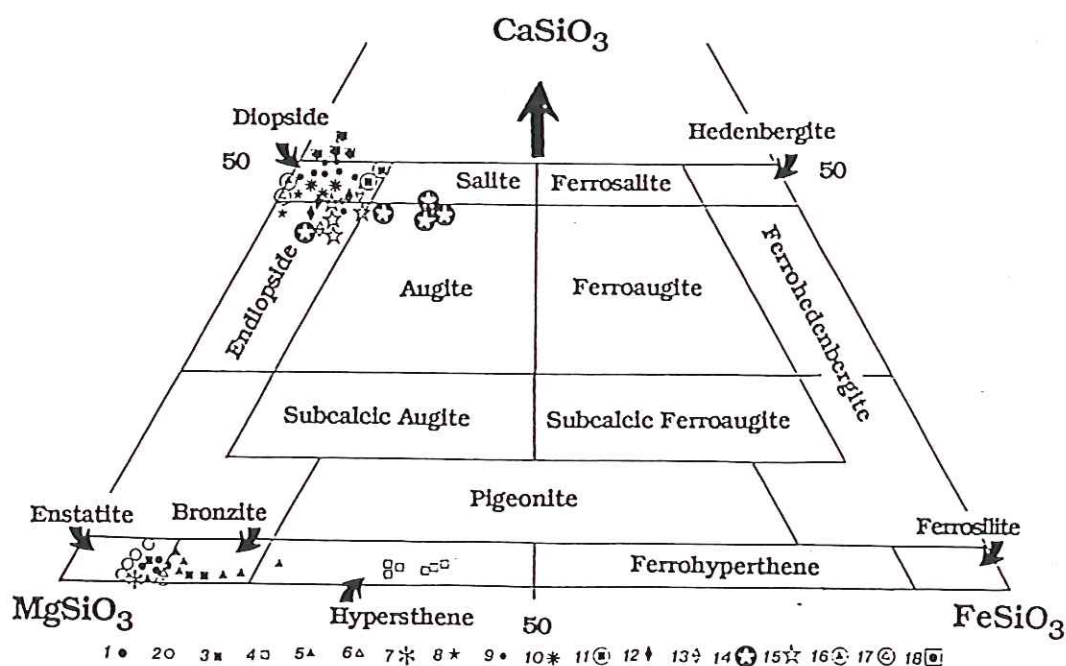


FIGURE II.9. -Composition des pyroxènes dans le diagramme de Poldervaart et Hess (1951) Orthopyroxènes : 1- Harzburgites cumulatives ; 2- Harzburgites mantelliques ; 3- Lherzolite-wehrlites ; 4- Gabbros ; 5- Pyroxénites ; 6- Chromitites ; 7- Spinelles accessoires des harzburgites mantelliques ; Clinopyroxènes ; 8- Dunites mantelliques ; 9- Harzburgites mantellique ; 10- Harzburgites cumulatives ; 11- Anorthosites ; 12- Spinelles accessoires des harzburgites cumulatives ; 13- Lherzolite-wehrlites ; 14- Gabbros ; 15- Pyroxénites ; 16- Spinelles accessoires des dunites cumulatives ; 17- Chromitites cumulatives ; 18- Chromitites mantelliques.

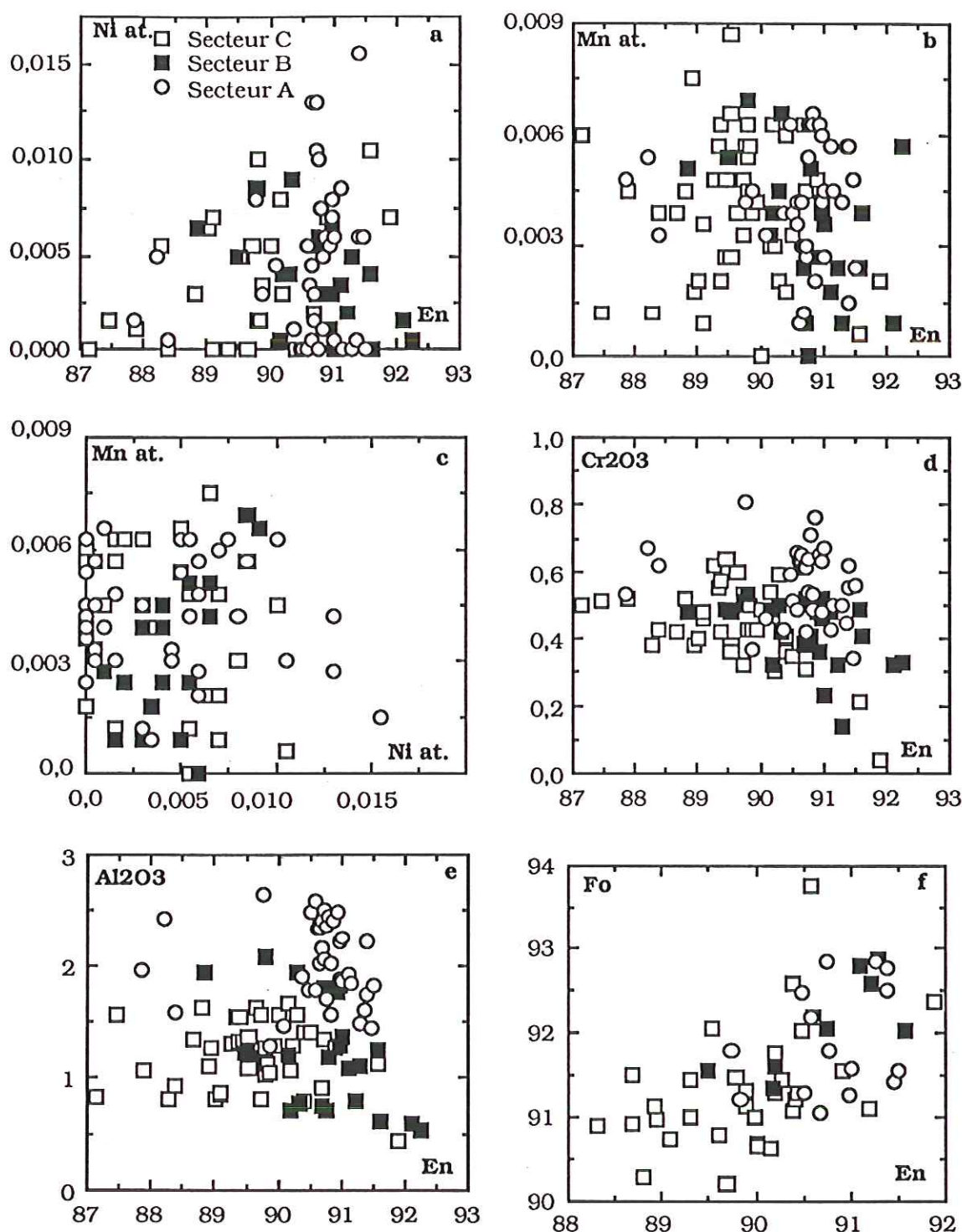


FIGURE II.10. -Corrélation entre les teneurs en En et: (a) en Ni at. ; (b) en Mn at. ; (d) en Cr_2O_3 ; (e) en Al_2O_3 ; en Fo des olivines coexistantes; des opx des harzburgites mantelliques. (c) Corrélation positive entre le Ni at. et le Mn at. pour le secteur B. Variations des teneurs en Ni at. et en Mn at. pour des valeurs constantes en En. Corrélation positive entre le Fo et l'En. Le secteur A est plus riches en Cr_2O_3 , en Al_2O_3 et en Mg.

Les diagrammes Ni at., Mn at. en fonction des teneurs en En (Fig. II.10. a et b) montrent de grandes variations des teneurs en Ni at. et Mn at. pour des teneurs en En constantes et voisines de 91.

Les diagrammes Cr_2O_3 , Al_2O_3 en fonction des teneurs en En (Fig. II.10. d, e) montrent un enrichissement en Cr_2O_3 et Al_2O_3 pour les orthopyroxènes du secteur A.

Le diagramme CaO en fonction de Al_2O_3 (Fig. II.11. a) montre l'enrichissement en CaO des orthopyroxènes du secteur C. Pour les secteurs A et B, les teneurs en CaO restent constantes (0,5 à 1%) et ce pour des teneurs en Al_2O_3 qui augmentent. Les orthopyroxènes du secteur A contiennent plus de 1,5% Al_2O_3 tandis que ceux du secteur B en contiennent de 0,5 à 1,5%.

Dans le diagramme Cr_2O_3 en fonction de Al_2O_3 (Fig. II.11. b), on observe une bonne corrélation entre ces deux oxydes. Cette corrélation permet de distinguer nettement les orthopyroxènes du secteur A, qui sont à la fois plus riches en Cr_2O_3 et Al_2O_3 .

Mise à part la corrélation positive entre les teneurs en Fo des olivines des harzburgites et celles en En des orthopyroxènes coexistant, nous observons aussi, dans le diagramme Fo des olivines en fonction de En des orthopyroxènes (Fig. II.10, f), le caractère magnésien des harzburgites des secteurs A et B.

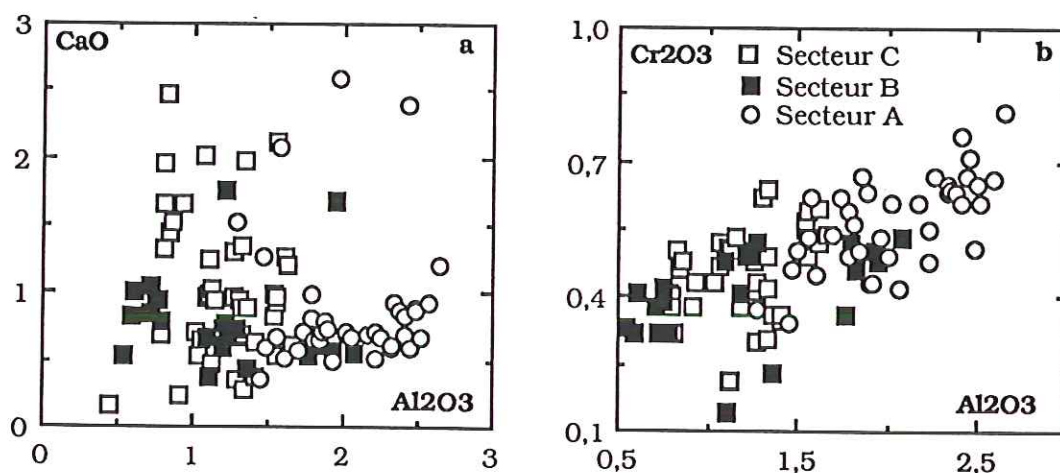


FIGURE II.11. -Corrélation entre : (a) Al_2O_3 et CaO (b) Al_2O_3 et Cr_2O_3 , des orthopyroxènes des harzburgites mantellitiques. Faibles teneurs quasi constantes en CaO pour des teneurs croissantes en Al_2O_3 des orthopyroxènes des secteurs A et B. Corrélation positive entre l' Al_2O_3 et le Cr_2O_3 , encore une fois enrichissement en Al et en Cr des orthopyroxènes du secteur A du massif.

Le diagramme Al_2O_3 de l'orthopyroxène en fonction de Al_2O_3 (Fig. II.12.) du spinelle accessoire coexistant montre, pour des coupes bien précises dans les secteurs A et B, que les teneurs respectives en Al_2O_3 augmentent avec la profondeur.

Pour le secteur C la corrélation est bonne mais on ne peut pas tirer la même conclusion car la structure y est beaucoup trop complexe et plissée, ce qui ne permet pas de situer exactement la position de chaque échantillon dans la pile mantellique.

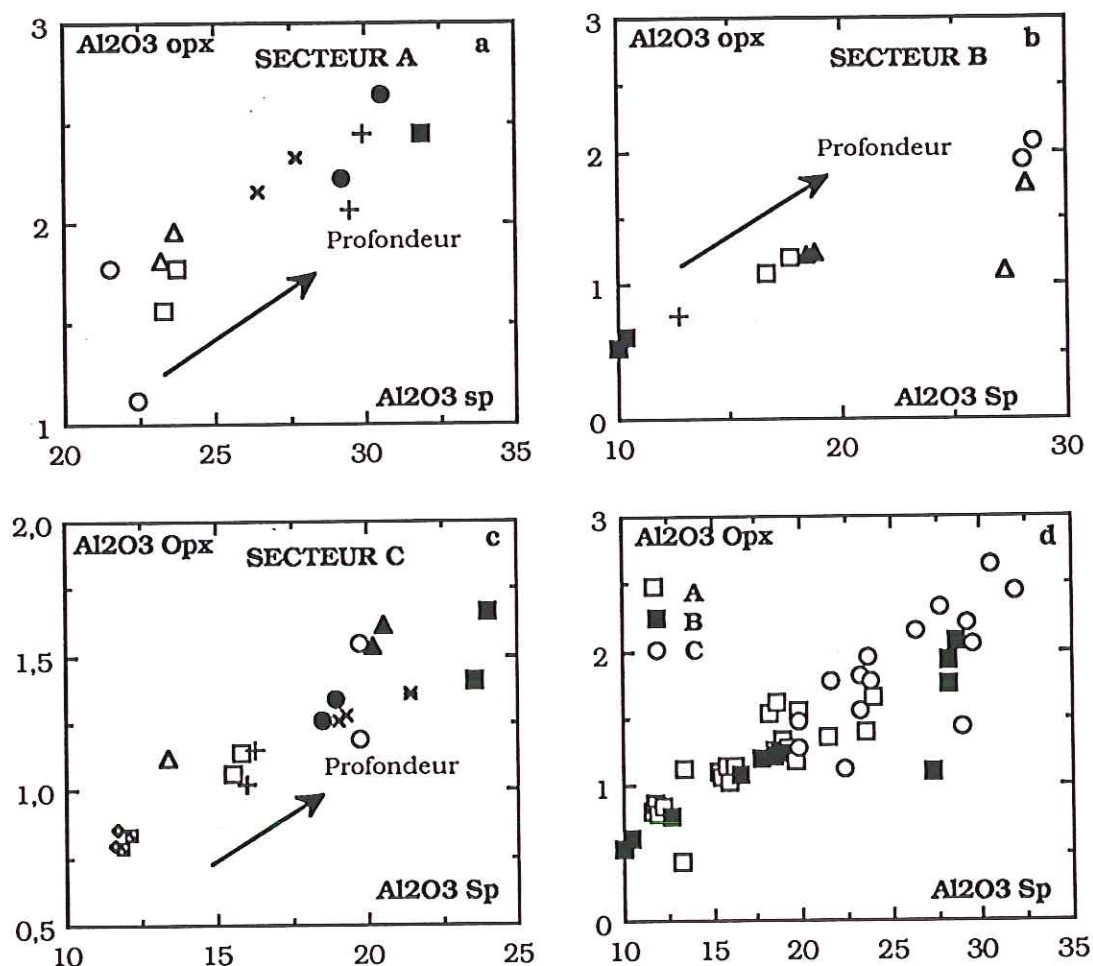


FIGURE II.12 -Corrélations positives entre les teneurs en Al_2O_3 des spinelles des harzburgites mantelliques et des orthopyroxènes coexistant pour les trois secteurs du massif. Augmentation des teneurs en Al_2O_3 avec la profondeur. Le secteur A est le secteur le plus profond du massif. Chaque symbole représente un échantillon.

Partant du fait qu'il existe un enrichissement en Al_2O_3 des harzburgites avec la profondeur nous avons établi le même diagramme pour l'ensemble des trois secteurs du massif (Fig. II.12. d).

Ce diagramme montre que le secteur A est plus riche en Al_2O_3 que le secteur C, le secteur B étant intermédiaire. En conclusion il paraît que le secteur A est le secteur le plus profond du massif.

Il ne faut pas négliger qu'il peut également exister des variations longitudinales.

Sinton (1977) et Dick et al. (1979) ont montré que la teneur en Al_2O_3 des pyroxènes est linéairement liée à celle des spinelles coexistant. Ceci implique un partage constant de l'aluminium entre le pyroxène et le spinelle.

Sinton (1977) observe des variations importantes en Al dans les pyroxènes et les spinelles d'une même unité de harzburgite. Cet auteur conclut qu'elles sont dues à des différences de composition initiale plutôt qu'à des différences dans les conditions de température et de pression de l'équilibre.

II.1.2.3. Le spinelle chromifère.

La composition des spinelles chromifères des harzburgites mantelliques présente des variations importantes. En ce qui concerne les éléments majeurs, on retient l'importante variation de la teneur en Cr_2O_3 qui, dans la majorité de cas est comprise entre 35 et 55%. Cette variation de la teneur en Cr_2O_3 et accompagnée d'une variation de celle en Al_2O_3 (7 à 33%). La concentration en Fe_2O_3 demeure relativement faible et constante. De même, on peut noter des variations de teneurs en FeO et MgO. Les variations des teneurs en ces oxydes traduisent des variations des éléments dans la formule structurale du spinelle.

Dans des conditions de concentrations en Fe^{3+} constantes la diminution de la teneur en Cr est compensée par l'augmentation de la teneur en Al. Ceci traduit les variations de l'activité en MgAl_2O_4 dans la solution solide du spinelle chromifère étudié.

Les différences dans la composition du spinelle entre les trois secteurs du massif sont nettes. Ces différences se traduisent par des variations importantes des rapports moyens $\text{Cr}/(\text{Cr}+\text{Al}+\text{Fe}^{3+})$; $\text{Al}/(\text{Cr}+\text{Al}+\text{Fe}^{3+})$; $\text{Fe}^{3+}/(\text{Cr}+\text{Al}+\text{Fe}^{3+})$;

$\text{Fe}^{2+}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+})$ et $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+})$ entre les trois secteurs du massif. Les valeurs de ces rapports sont données dans le tableau suivant :

	Secteur A	Secteur B	Secteur C	Le massif
Cr/M^{3+}	54,06	60,86	60,35	58,85
Ecart type, σ	11,81	10,82	10,39	10,83
Al/M^{3+}	44,21	37,24	35,95	38,26
Ecart type, σ	12,71	11,29	10,64	11,28
$\text{Fe}^{3+}/\text{M}^{3+}$	1,73	1,9	3,69	2,87
Ecart type, σ	1,27	0,8	1,42	1,27
$\text{Fe}^{2+}/\text{M}^{2+}$	39,84	41,68	46,04	43,68
Ecart type, σ	13,19	5,25	7,38	8,47
Mg/M^{2+}	60,16	58,32	53,96	60,16
Ecart type, σ	13,19	5,25	7,38	8,47
Nombre d'analyses	21	15	47	83

Nous ne feront pas de commentaire sur ce tableau pour deux raisons : tout d'abord, il y est clair que les spinelles accessoires des harzburgites du secteur A sont moins riches en Cr, Fe^{3+} et Fe^{2+} et plus riches en Al et Mg que les autres secteurs du massif, le secteur B faisant la transition; deuxièmement parce que ces variations seront commentées au fur et à mesure de l'établissement des diagrammes du prisme du spinelle.

Le diagramme Cr_2O_3 en fonction de Al_2O_3 (Fig. II.14. a) montre une excellente corrélation entre ces deux oxydes et une nette différence entre les trois secteurs du massif.

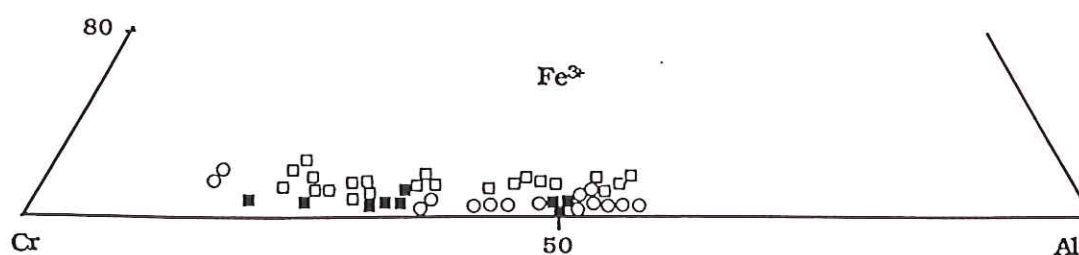


FIGURE II.13. -Composition chimique des spinelles accessoires des harzburgites mantellique projetés sur le diagramme Fe^{3+} -Cr-Al : Cercles blancs, secteur A ; Carrés noirs, secteur B ; Carrés blancs, secteur C.

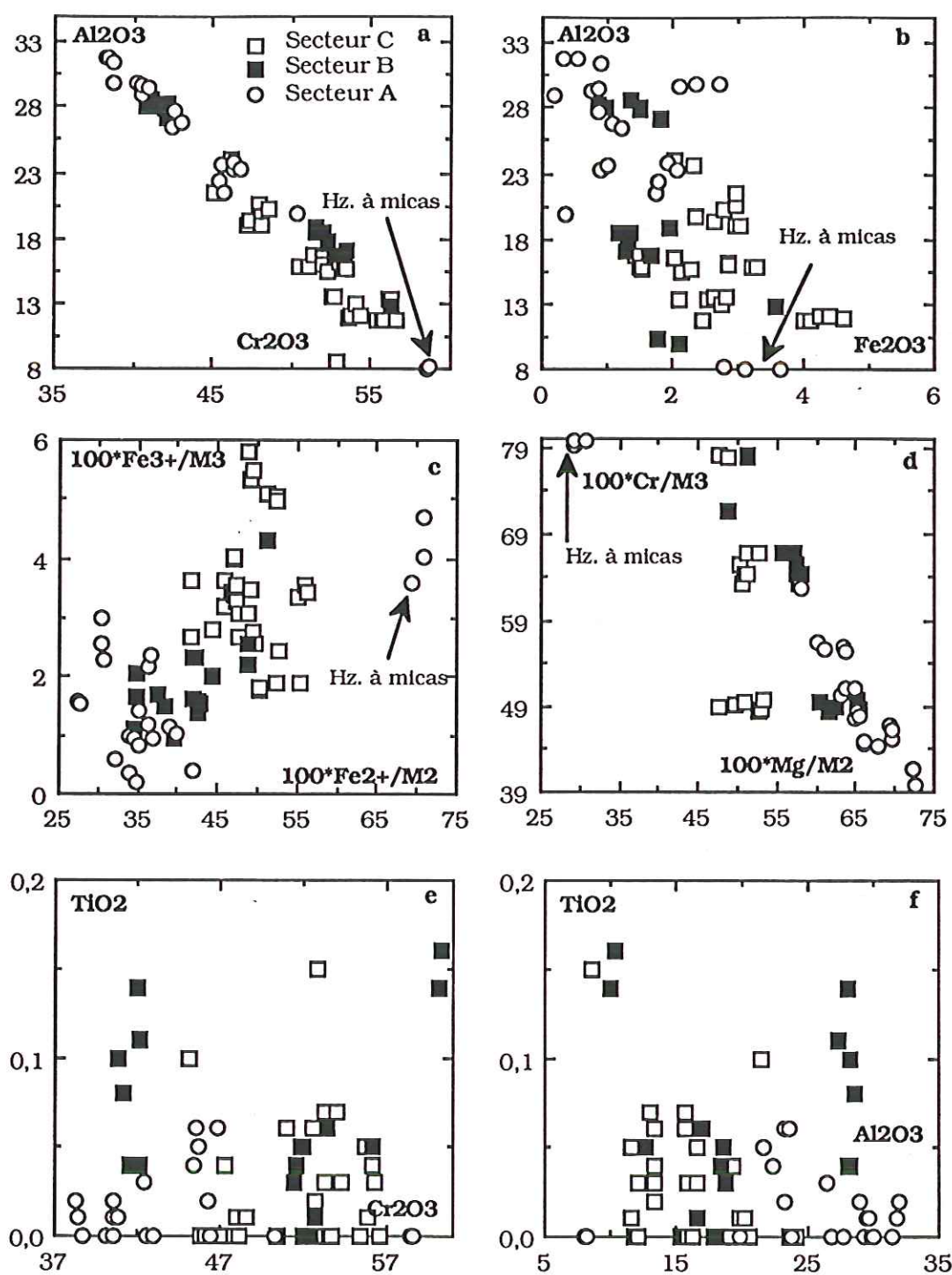


FIGURE II.14. -Différentes corrélations pour les spinelles accessoires des harzburgites mantelliques : (a) Al_2O_3 - Cr_2O_3 ; (b) Al_2O_3 - Fe_2O_3 (c) $100 \cdot Fe^{3+}/M_3 + 100 \cdot Fe^{2+}/M_2$; (d) $100 \cdot Cr/M_3 - 100 \cdot Mg/M_2$; (e) TiO_2 - Cr_2O_3 ; (f) TiO_2 - Al_2O_3 Enrichissement en Al_2O_3 , en MgO et appauvrissement en Cr_2O_3 en Fe_2O_3 en FeO , et en TiO_2 des spinelles du secteur A du massif. Différent comportements des spinelles accessoires des harzburgites à micas.

Ainsi, pour les mêmes valeurs en Cr_2O_3 , les spinelles accessoires des harzburgites des secteurs A et B sont plus riches en Al_2O_3 , enrichissement compensé par un appauvrissement en Fe_2O_3 . L'appauvrissement en Fe^{3+} apparaît bien dans le diagramme triangulaire Cr-Al- Fe^{3+} (Fig.II.13.).

Il existe également des différences entre les secteurs A et B. Les spinelles du secteur A sont plus riches en Al_2O_3 et moins riches en Cr_2O_3 (Fig.II.14. a) L'appauvrissement en Fe^{3+} du secteur A est accompagné d'un appauvrissement en Fe^{2+} (Fig. II.14.c).

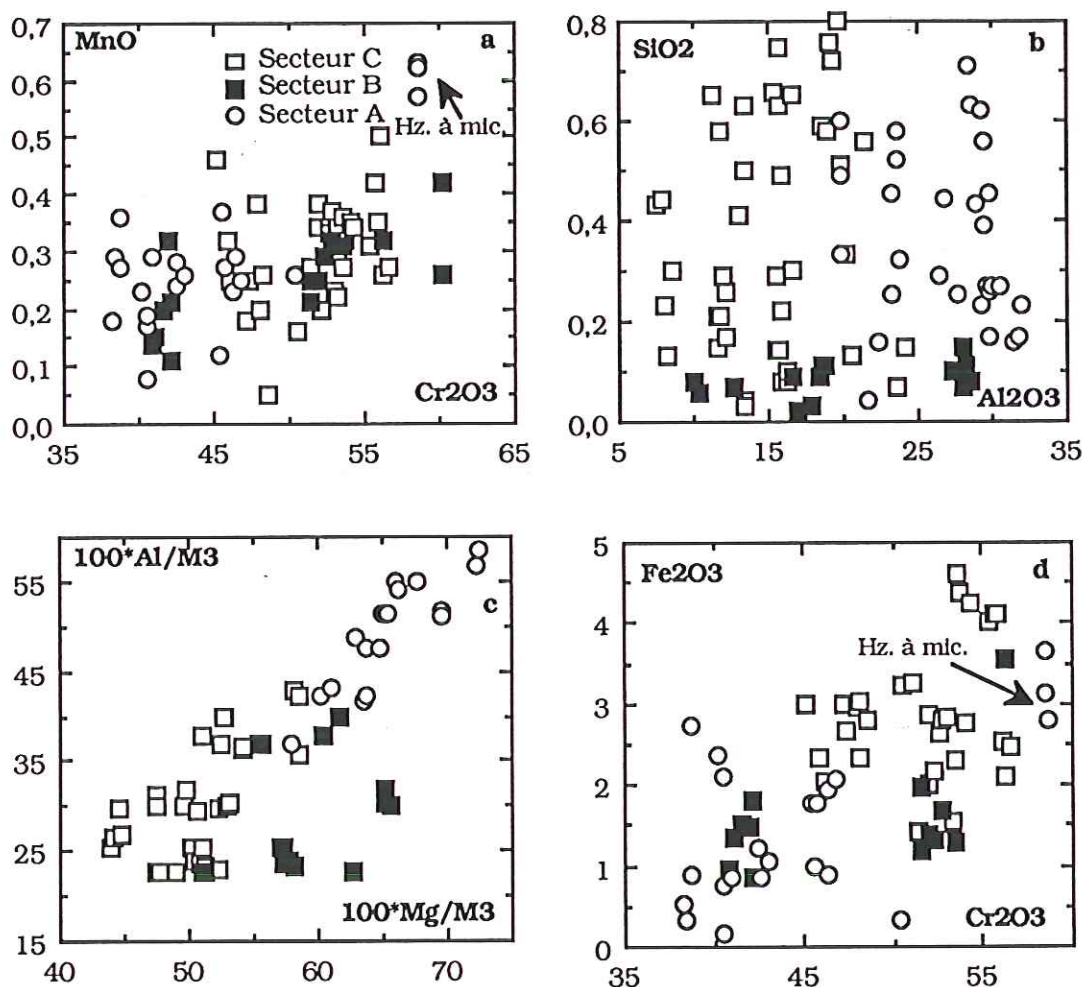


FIGURE II.15 - Différentes corrélations pour les spinelles accessoires des harzburgites mantelliques : (a) $\text{MnO}-\text{Cr}_2\text{O}_3$; (b) $\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$; (c) $100 \cdot \text{Al} / (\text{Cr} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+}) - 100 \cdot \text{Mg} / (\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})$; (d) $\text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{Cr}_2\text{O}_3$ Appauvrissement en MnO des spinelles du secteur A, et en SiO_2 des spinelles du secteur B. Les spinelles accessoires des harzburgites à micas sont plus riches en MnO.

Le diagramme $100 \cdot \text{Fe}^{3+} / (\text{Cr} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+})$ en fonction de $100 \cdot \text{Fe}^{2+} / (\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})$ (Fig. II.14. c) montre très bien cet appauvrissement. L'appauvrissement en Fe^{3+} , en Fe^{2+} et également en Cr est compensé par l'enrichissement en Mg et Al (Fig. II.15. c), ce qui concorde avec l'enrichissement en Mg des olivines et des orthopyroxènes et celui en Al des orthopyroxènes des harzburgites du secteur A.

En ce qui concerne les éléments mineurs, le Mn et le Ti présentent des valeurs significatives. Les spinelles des harzburgites du secteur B du massif sont apparemment plus riches en Ti (Fig. II.15.). Les relations entre Mn et Cr montrent une tendance à se corrélérer positivement (Fig. II.14. f). Pour le secteur A, les teneurs en MnO varient beaucoup pour des valeurs en Cr_2O_3 entre 40 et 46% (Fig. II.15. a).

Lorsque le silicium est présent, les concentrations en SiO_2 varient considérablement. De plus, note l'appauvrissement en SiO_2 des spinelles des harzburgites du secteur B par rapport aux autres secteurs du massif (Fig. II. 15. b).

Des variations importantes dans la composition des spinelles ont déjà été mises en évidence par Mc Gregor et Smith (1962), Irvine (1965,1967), Thayer (1970), Evans et Frost (1975), Fisk et Bence (1980), Dick et Bullen (1984), qui relient les variations du rapport Cr/Al à la composition de la roche hôte, tandis que Dick (1977) les relie à la quantité de pyroxène présent dans la roche. Coleman (1977) mentionne que ces variations dans les spinelle des harzburgites ne peuvent être reliées à celles de la composition de la roche hôte car celle-ci est constante. Dick (1977) considère les spinelles automorphes des harzburgites comme des produits magmatiques piégés. Arai (1978) montre que les spinelles peuvent être des formes d'exsolution à partir d'olivine lors de processus de recristallisation.

Nous pensons que les variations en question peuvent être reliées à la profondeur que de ces roches dans la pile mantellique, au degré de fusion partielle et aux variations de fugacité en oxygène lors de la cristallisation (Hill et Roeder, 1974).

Vu la bonne corrélation positive entre les teneurs en Al_2O_3 des spinelles

et des orthopyroxènes coexistant on peut dire que la composition des spinelles est intrinséquement liée à celle de la roche hôte.

II.1.2.4. Le clinopyroxène.

Tout d'abord il faut noter que nous n'avons pas pu mettre en évidence la présence de clinopyroxène dans le secteur B du massif. Dans le secteur A, il est très peu présent alors que dans le secteur C, le secteur Est du massif, il est plus abondant (Neziraj 1989).

Des clinopyroxènes inclus ont été observés dans le spinelle accessoire des harzburgites, mais ils ne présentent pas de différences de composition par rapport aux autres clinopyroxènes.

Des clinopyroxènes ont été mis en évidence dans des harzburgites à phlogopite qui se localisent au Nord-Ouest du massif, près du contact entre le massif et les roches encaissantes.

Les différences de composition chimique de ces clinopyroxènes sont les suivantes :

	Secteur A	Secteur C	Harz. à phlogop.
Wollastonite, Wo	47,61	47,23	48,71
Ecart type σ	0,82	0,55	0,64
Enstatite, En	49,96	49,55	45,76
Ecart type σ	0,64	0,61	1,18
Ferrosilite, Fs	2,43	3,22	5,53
Ecart type σ	0,27	0,33	1,3
MnO	0,03	0,08	0,36
Ecart type σ	0,03	0,07	0,16
Na ₂ O	0,07	0,03	0,02
Ecart type σ	0,03	0,02	0,02
Al ₂ O ₃	1,81	1,67	0,02
Ecart type σ	0,35	0,72	0,01
Cr ₂ O ₃	0,72	0,67	0,05
Ecart type σ	0,13	0,23	0,05
Nombre d'analyses	4	20	8

Pour les clinopyroxènes des harzburgites à phlogopite on observe la quasi absence de Al, de Cr et de Na, absence compensée d'une plus forte présence de Ca (Wo), Fe (Fs), Mg (En) et Mn.

Au contraire, dans le secteur A les clinopyroxènes sont enrichis en Al, Cr

et Na et appauvris en CaO, FeO et MnO. Le secteur C fait la transition entre le secteur A et les harzburgites à phlogopite.

On peut noter aussi, comme pour les orthopyroxènes, une corrélation positive entre les teneurs en Al_2O_3 de clinopyroxènes et celles du spinelle coexistant (Fig. II.16. a) mais aussi entre le teneurs en Al_2O_3 et en Cr_2O_3 dans le clinopyroxène lui même (Fig. II.16. b).

Reconsidérant le diagramme Al_2O_3 en fonction de Cr_2O_3 pour les orthopyroxènes, en comparaison avec celui des clinopyroxènes (Fig. II.16. b), on observe que les clinopyroxènes sont plus riches en chrome, ce qui implique que le partage du chrome entre orthopyroxène et clinopyroxène se fait en faveur de ce dernier. Le coefficient partage de l'aluminium entre les deux pyroxènes est beaucoup plus constant.

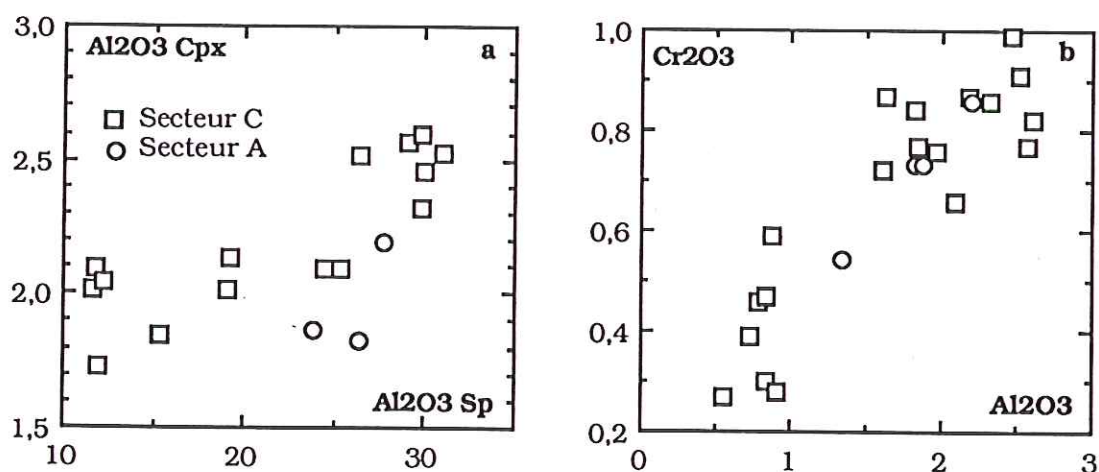


FIGURE II.16. -Corrélations positives entre : (a) Al_2O_3 des spinelles accessoire et des clinopyroxènes coexistants et (b) Al_2O_3 et en Cr_2O_3 des harzburgites mantelliques.

La composition des clinopyroxènes présente donc les mêmes caractéristiques que les autres minéraux composant des harzburgites décrites plus haut.

Projetés dans le diagramme ternaire En-Wo-Fs, la majorité des clinopyroxènes présents tombent dans le champ du diopsides. Toutefois, quelques analyses se rencontrent dans le champ de l'endiopsides (Fig.II.9.).

II.1.2.5. Les amphiboles.

Les amphiboles sont rares. Une amphibole a été analysée dans le secteur A et cinq dans le secteur C. A noter l'enrichissement considérable en Mg de l'amphibole du secteur A. Cette amphibole est également plus riche en Al et Fe. L'enrichissement en ces éléments se fait en dépit de Ca et moins de Si.

Dans les diagrammes, établis pour tous les amphiboles du massif, Al^{IV} en fonction de $(Na+K)$ (Fig.II.17. B) et $100*Na/(Na+Ca)$ en fonction $100*Al/(Al+Si)$ (Fig. II.17. B) les amphiboles sont des trémolites qui résultent principalement de l'altération, des clinopyroxènes.

II.2.3. Diagrammes de terres rares (TR).

Quatre échantillons de harzburgites dont une harzburgite plagifère de la coupe Kam-Helshan, une harzburgite à phlogopite de la partie Nord du massif et deux harzburgites mantelliques prélevées au voisinage du gisement chromifère de Zogaj Fushë, ont été analysé pour les TR.

L'échantillon 100A, harzburgite à phlogopite, a été analysé deux fois (par le même laboratoire et la même technique). Les deux essais présentent une seule différence : un écart dans les valeurs en Sm (Fig. II.18). C'est pour mettre en évidence cet écart que ces deux analyses ont été reportés dans un diagramme. Le spectre des TR de cette harzburgite présente une forte anomalie positive en Eu, tandis que l'allure générale du spectre présente une pente négative. Cette harzburgite est donc plus riche en TR légères.

Les spectres des autres harzburgites présentent également l'anomalie en Eu. Ces harzburgites sont plus riches en TR légères qu'en TR lourdes.

Sur le même diagramme des harzburgites nous avons reporté les TR de l'unique dunite analysée (Fig. II.18). Ce diagramme montre : premièrement, la même allure pour les spectres de la dunite (échantillon 191 cercle noir dans le diagramme), de la harzburgite plagifère (échantillon 195) et de l'une des harzburgites mantelliques (échantillon 21A provenant d'un forage effectué dans le gisement de Zogaj Fushë), allure qui présente une forte anomalie positive en Eu, de fortes variations d'un élément à l'autre et un enrichissement en TR légères par rapport aux TR lourdes ; deuxièmement, en opposant au

spectre de l'échantillon 21A celui de l'échantillon 22A, qui provient du même gisement, mais étant échantillonné en surface, on observe que l'échantillon 22A est moins riche en TR légères et plus riche en TR lourdes y compris en Eu.

Ce changement entre ces échantillons est dû aux différents niveaux d'échantillonnage (surface-forage).

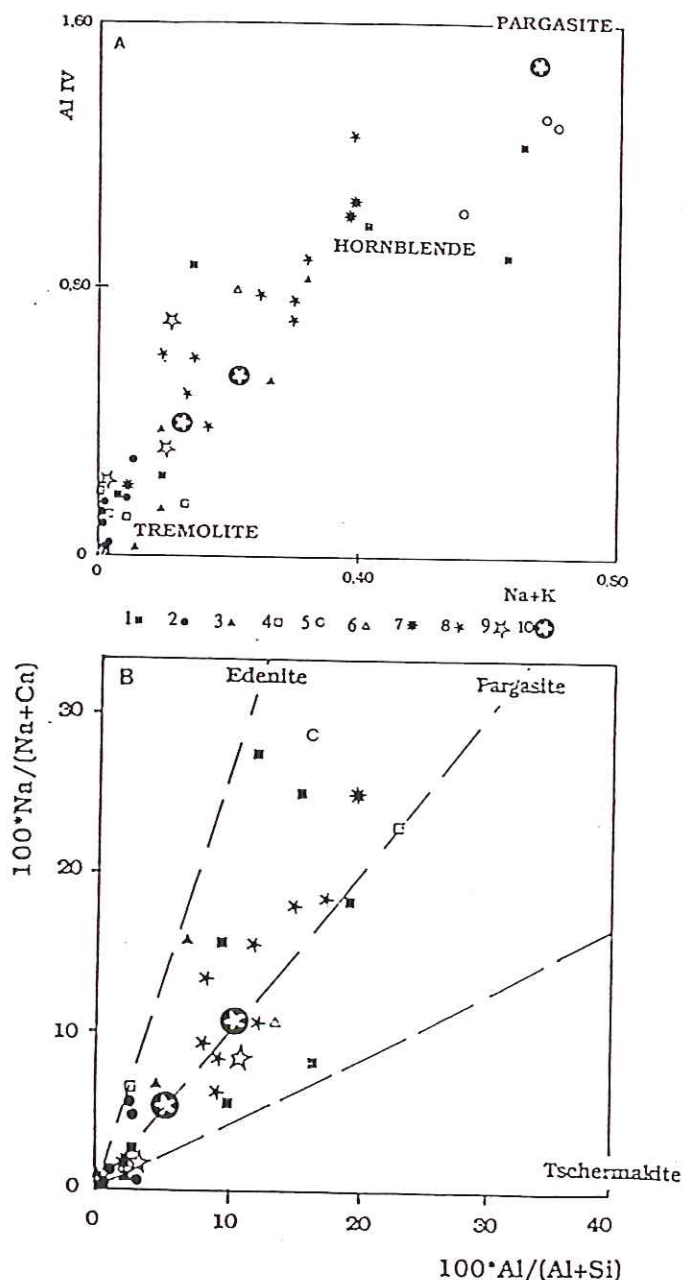


FIGURE II.17. -Correlation entre : A- la teneur en Al tétraédrique et la somme (Na+K) et B- entre les rapports $100 \cdot Na / (Na + Ca)$ et $100 \cdot Al / (Al + Si)$: 1-Chromitites cumulatives (interstitielles); 2- Chromitites cumulatives, accompagnants de MGP ; 3- Dunites et 4- Harzburgites mantelliques ; 5-Chromitites cumulatives (inclusion) ; 6-Wehrlites; 7-Harzburgites cumulatives 8-Gabbros; 9-Pyroxénites 10- Anorthosite

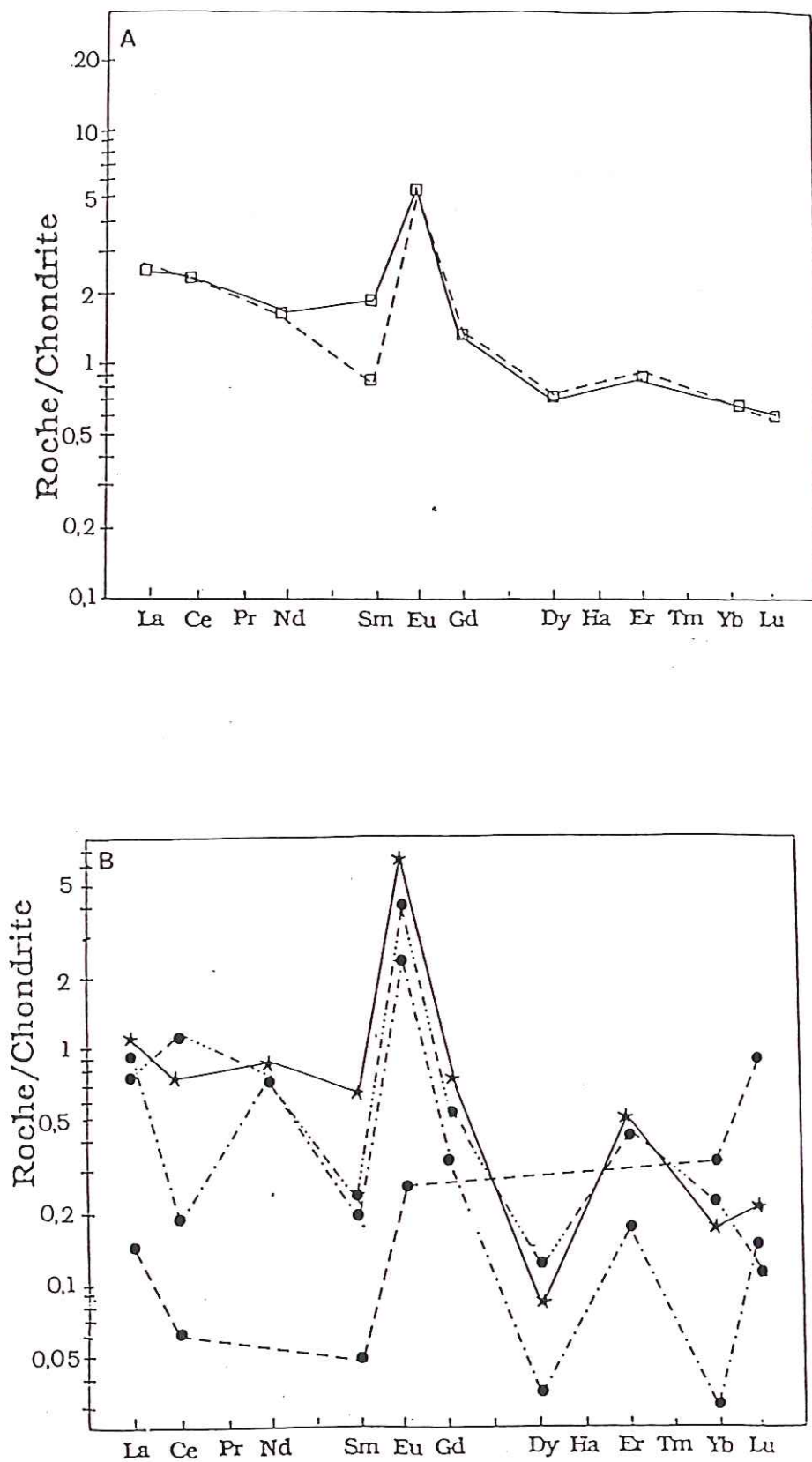


FIGURE II.18. -Diagrammes de TR : A- Harzburgites à phlogopite ; B- cercles, Harzburgites ; étoiles, Dunites.

II.2. LES HARZBURGITES, LES WEHRLITES ET LES LHERZOLITES CUMULATIVES.

Nous allons essayer de mettre en évidence les différences entre les harzburgites cumulatives de Bregu i Bibës et celles de la coupe Kam-Helshan associées aux wehrlites et lherzolites appartenant aussi à la coupe Kam-Helshan.

II.2.1. Pétrographie.

Ces roches sont constituées des mêmes minéraux que les harzburgites mantelliques. La seule différence réside dans la présence dans certains cas, surtout dans la coupe Kam-Helshan, du plagioclase.

Ces minéraux sont altérés mais pas déformés. Ils présentent des textures cumulatives, des adcumulats (Photo 1,2, Planche I-2) polygonaux d'olivine, d'orthopyroxène et despinelle pour les harzburgites, d'olivine, d'orthopyroxène, de clinopyroxène et de spinelle pour les lherzolites et d'olivine, de clinopyroxène et de spinelle pour les wehrlites. La taille de ces cristaux est assez grande (8 mm). En intercumulus on observe selon les cas du spinelle xénomorphe, du clinopyroxène, de l'orthopyroxène et/ou du plagioclase. Ce dernier étant très altéré et écrasé, transformé en prehnite.

A noter que dans certains cas les wehrlites présentent des textures d'hétéradcumulat.

II. 2.2. Chimie des minéraux.

II.2.2.1. L'olivine.

Les olivines des wehrlites présentent une large variation des teneurs en Fo, entre 87 et 91 tandis que toutes les olivines des harzburgites de la coupe Kam-Helshan ont des teneurs en Fo comprises entre 87 et 88. Les teneurs en Fo des olivines des harzburgites de Bregu i Bibës sont voisins de 89,5 (Fig II.19.). Nous n'avons pas pu analyser d'olivine fraîche dans l'unique lherzolite disponible.

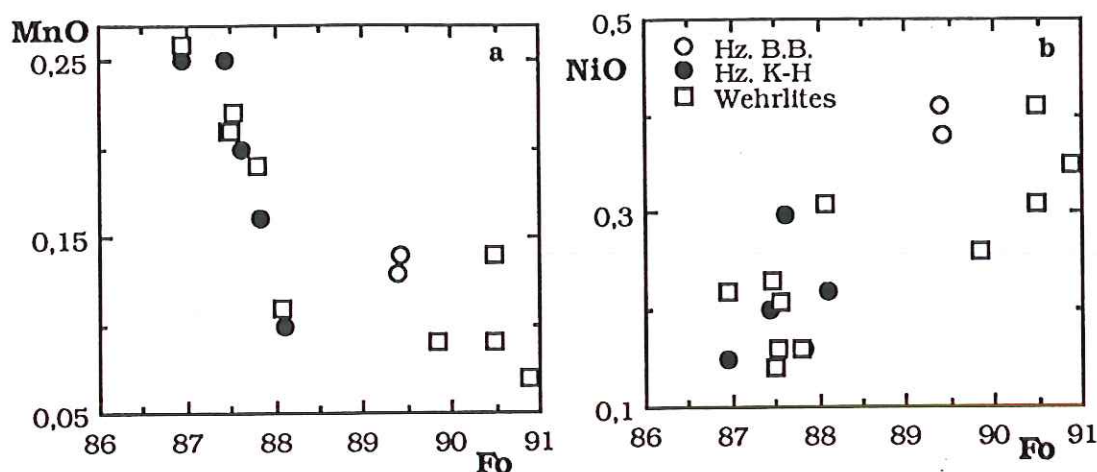


FIGURE II.19. -Corrélation : négative entre les teneurs en MnO et en Fo (a), et positive entre celles en NiO et en Fo (b). Les olivines des harzburgites de Bregu i Bibès (B.B.) et une partie des wehrlites sont plus riches en NiO et moins riches en MnO.

Il existe une bonne corrélation entre les teneurs en NiO et celles en Fo (Fig. II.19. b) les olivines des harzburgites de Bregu i Bibès et d'une partie des wehrlites étant les plus riches en NiO. Les relations entre les teneurs en MnO et en Fo montrent une bonne corrélation négative. Les mêmes olivines qui sont enrichies en NiO ont des teneurs plus faibles en MnO.

Donc, un enrichissement en Fo est accompagné d'un appauvrissement en MnO et d'un enrichissement en NiO (Fig.II.19.).

Les autres éléments mineurs ne présentent pas de teneurs significatives.

II.2..2.2. L'orthopyroxène.

Les teneurs en En des harzburgites et des wehrlites sont assez proches (entre 88 et 91) tandis que celles des lherzolites sont beaucoup plus faibles (entre 84 et 85) (Fig.II.20.).

Les orthopyroxènes des harzburgites de Bregu i Bibès sont les moins riches en Cr_2O_3 (Fig. II.20. a, d), en CaO (Fig. II.20. c) et en Al_2O_3 (Fig. II.20. b, d). Par contre, les orthopyroxènes des lherzolites ainsi que ceux des harzburgites de la coupe Kam-Helshan sont les plus riches en Al_2O_3 .

Projetés sur le diagramme triangulaire Wo-En-Fs les orthopyroxènes des harzburgites et des wehrlites sont à la limite enstatite-bronzite et ceux des lherzolites se trouvent dans le domaine bronzite (Fig. II.9.).

Les teneurs des autres éléments ne sont pas significatives.

Le diagramme Fo des olivines de ces roches en fonction des teneurs en En des orthopyroxènes coexistant (Fig. II.20. e) ne montre pas de corrélation. Par contre, le diagramme Al_2O_3 des spinelles des mêmes roches en fonction de Al_2O_3 des orthopyroxènes coexistant (Fig. II.20. f) montre une corrélation pour chaque roche mais pas pour l'ensemble .

II.2.2.3. Le spinelle.

Les spinelles présentent de larges variations même au sein d'un même type de roche.

Les spinelles des harzburgites de Bregu i Bibës présentent des variations des teneurs en Al_2O_3 (Fig. II.21. a, b) qui oscillent entre 10 et 43% pds, en Cr_2O_3 entre 20 et 57 (Fig. II.21. a, e, f) et en MgO (Fig. II.21. d). Leurs teneurs en Fe_2O_3 sont relativement constantes et oscillent entre 3 et 5% (Fig. II.21. b), celles en MnO varient de 0,09 % à 0,42% (Fig. II.21. f) et celles en TiO_2 varient entre 0 et 0,1% (Fig. II.21. e).

Pour les harzburgites de la coupe Kam-Helshan, les teneurs en Al_2O_3 et en Cr_2O_3 des spinelles accessoires sont quasi constantes. Ces spinelles sont parmi les plus riches en TiO_2 et MnO (Fig. II.21. e, f).

Les spinelles accessoires des wehrlites ont des teneurs en Cr_2O_3 entre 27 et 48%, en Al_2O_3 entre 17 et 34%, en Fe_2O_3 entre 5 et 10%, en MnO sont entre 0,15 et 0,45% et en TiO_2 inférieur à 0,25%. Pour les lherzolites, les teneurs de tous les éléments sont constantes parce qu'il s'agit d'un même échantillon.

A noter la bonne corrélation positive entre Al_2O_3 et Cr_2O_3 (Fig. II.21. a pour les spinelles de toutes les roches. Les spinelles des harzburgites, des wehrlites et des lherzolites de la coupe Kam-Helshan présentent une corrélation positive entre Al_2O_3 et Fe_2O_3 alors que ceux des harzburgites de Bregu i Bibës en présentent une négative (Fig. II.21. b).

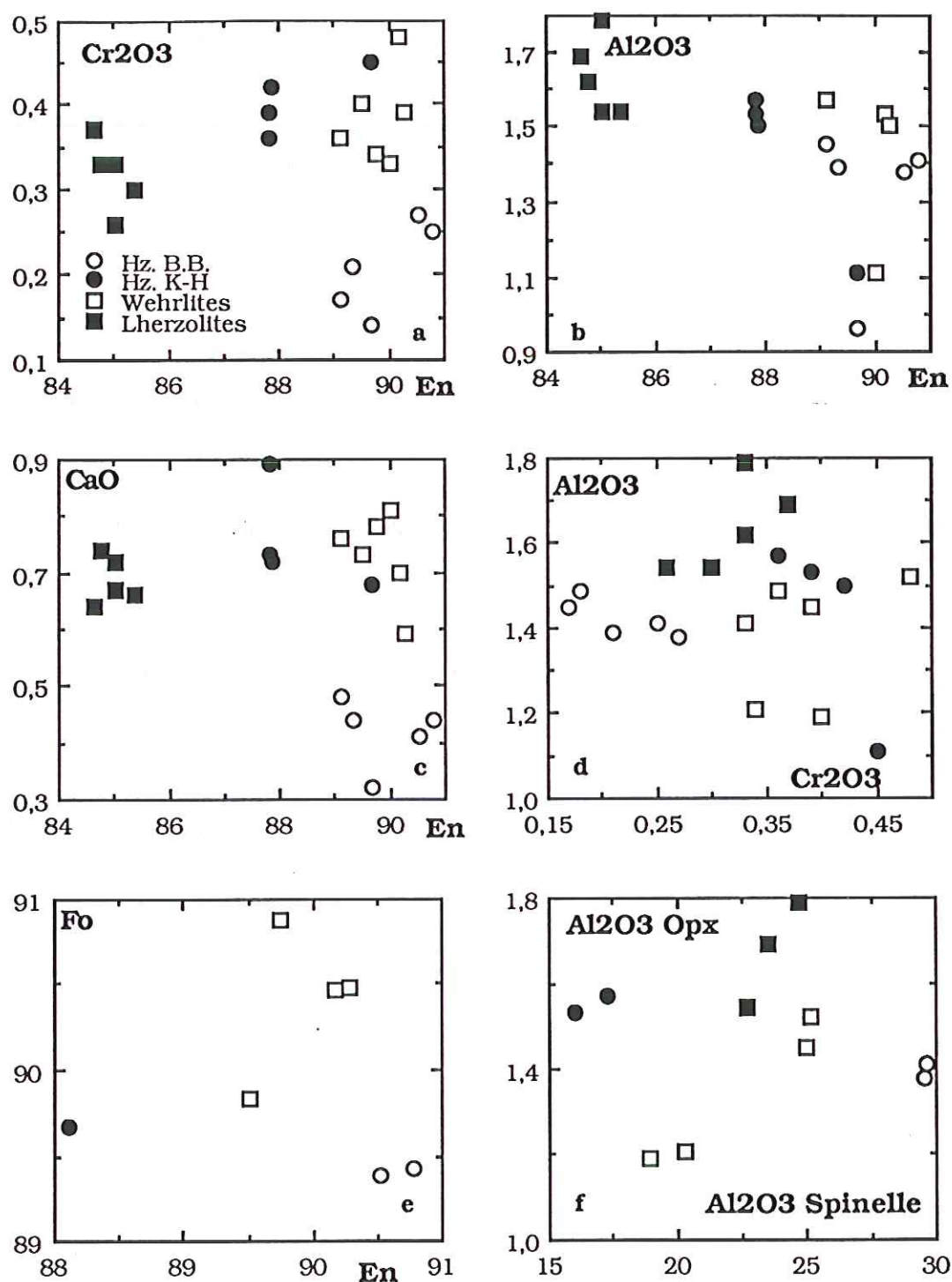


FIGURE II.20. -Différents diagrammes de corrélation pour les orthopyroxènes des harzburgites (Hz), wehrlites et lherzolites cumulatives. En, enstatite; Fo, forstérite, B.B, Bregu i Bibès. a) Al_2O_3 -En; b) Cr_2O_3 -En; c) CaO -En; d) Cr_2O_3 - Al_2O_3 ; e) Fo des olivines-En des orthopyroxènes coexistant; f) Al_2O_3 spinelles-orthopyroxènes

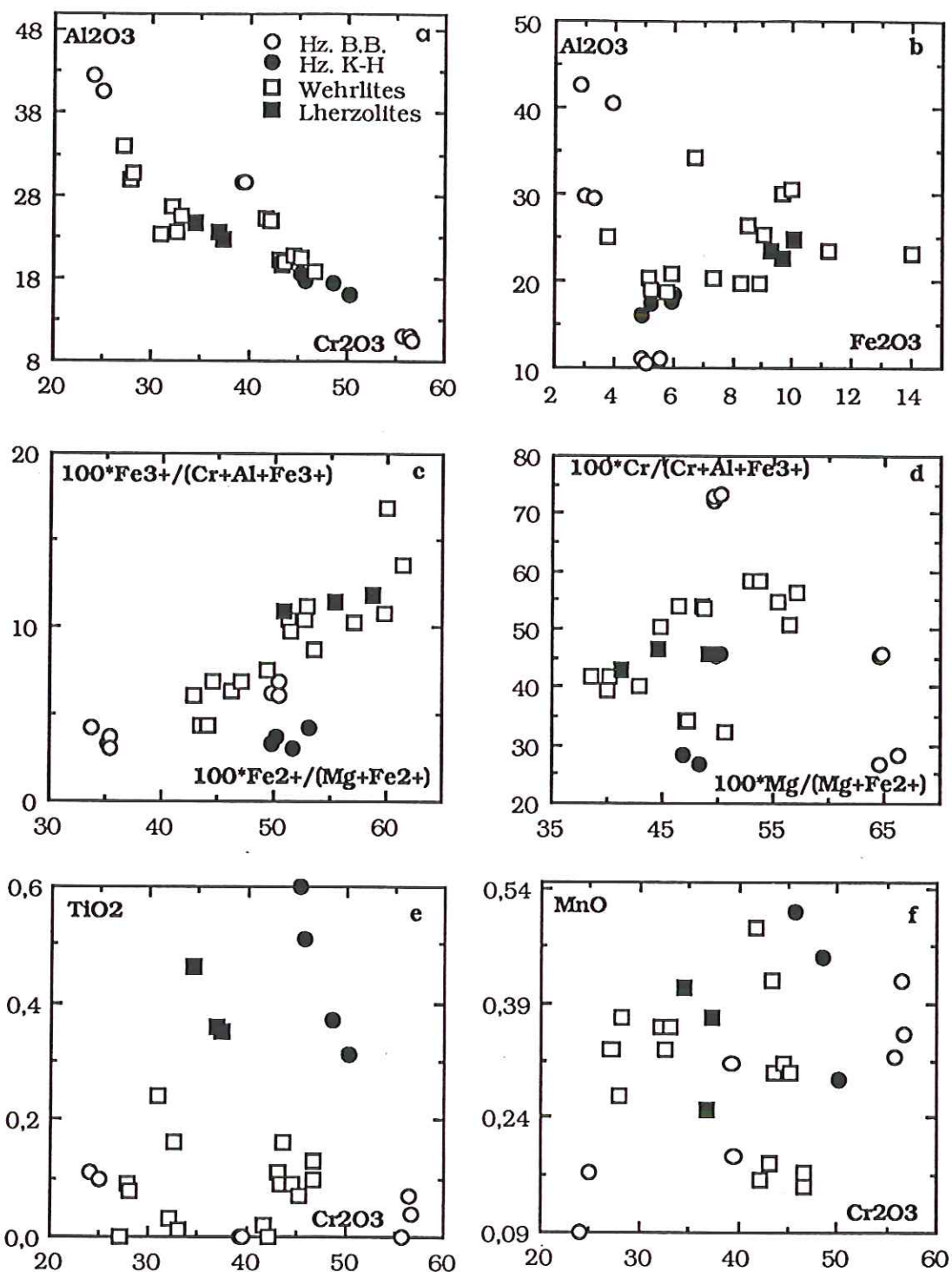


FIGURE II.21. -Corrélations pour les spinelles accessoires des harzburgites de Bregu i Bibès (B.B.), de la coupe Kam-Helshan (K-H) des wehrlites et des lherzolites : (a) Al_2O_3 - Cr_2O_3 ; (b) Al_2O_3 - Fe_2O_3 (c) $100 \cdot Fe^{3+} / (Cr + Al + Fe^{3+})$ - $100 \cdot Fe^{2+} / (Mg + Fe^{2+})$; (d) et $100 \cdot Cr / (Cr + Al + Fe^{3+})$ - $100 \cdot Mg / (Mg + Fe^{2+})$ (d) : distribution des teneurs en TiO_2 (e) et en MnO (f) en fonction de celles en Cr_2O_3 .

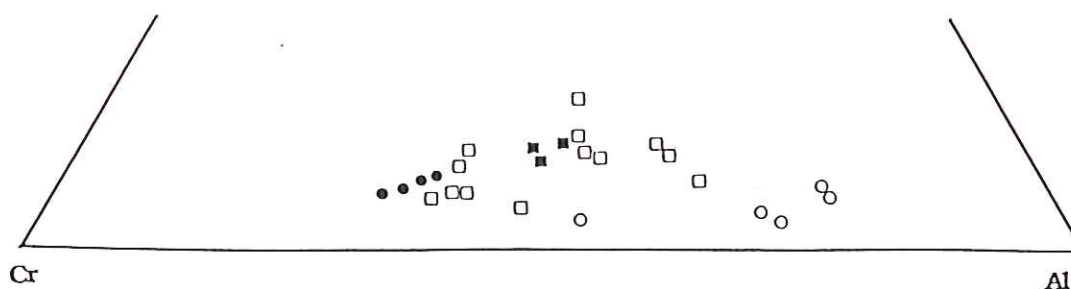


FIGURE II.22. -Composition des spinelles accessoires des harzburgites cumulatives : Cercles blancs, Bregu i Bibès ; Cercles noirs, Kam-Helshan ; Carrés blancs, Wehrlites ; Carrés noirs, Lherzolites.

La corrélation (Fig. II.21. c) entre les rapports $100 \cdot \text{Fe}^{3+}/(\text{Cr} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+})$ et $100 \cdot \text{Fe}^{2+}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})$ est excellente et positive. La corrélation des rapport (Fig. II.21. d) $100 \cdot \text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+})$ et $100 \cdot \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})$ est positive pour les spinelles des wehrlites et des lherzolites de Kam-Helshan et négatives pour les spinelles des harzburgites de Bregu i Bibès.

II.2.2.4. Le clinopyroxène.

La composition des clinopyroxènes de ces roches varie pour certains éléments. Ainsi, les teneurs en CaO sont entre 21,5 et 25,5%, les plus riches étant les clinopyroxènes des harzburgites de la coupe Kam-Helshan (Fig. II.23. b). Les clinopyroxènes des harzburgites de Bregu i Bibès possèdent les teneurs les plus fortes en Na_2O , pouvant atteindre 0,3% pds (Fig. II.23. b). A noter la corrélation négative entre CaO et Na_2O (Fig. II.23. b).

Les clinopyroxènes des harzburgites de Bregu i Bibès sont les plus enrichies en Cr_2O_3 tandis que ceux des lherzolites ont les teneurs les plus fortes en Al_2O_3 et en FeO (Fig. II.23. a, c). Les teneurs en MnO sont distribuées irrégulièrement.

La corrélation entre les teneurs en Al_2O_3 des clinopyroxènes et celles des spinelles accessoires coexistant est positive, les clinopyroxènes des harzburgites possèdent les teneurs les plus faibles en Al_2O_3 alors que les clinopyroxènes des wehrlites et des lherzolites en sont les plus enrichis (Fig. II.23. d).

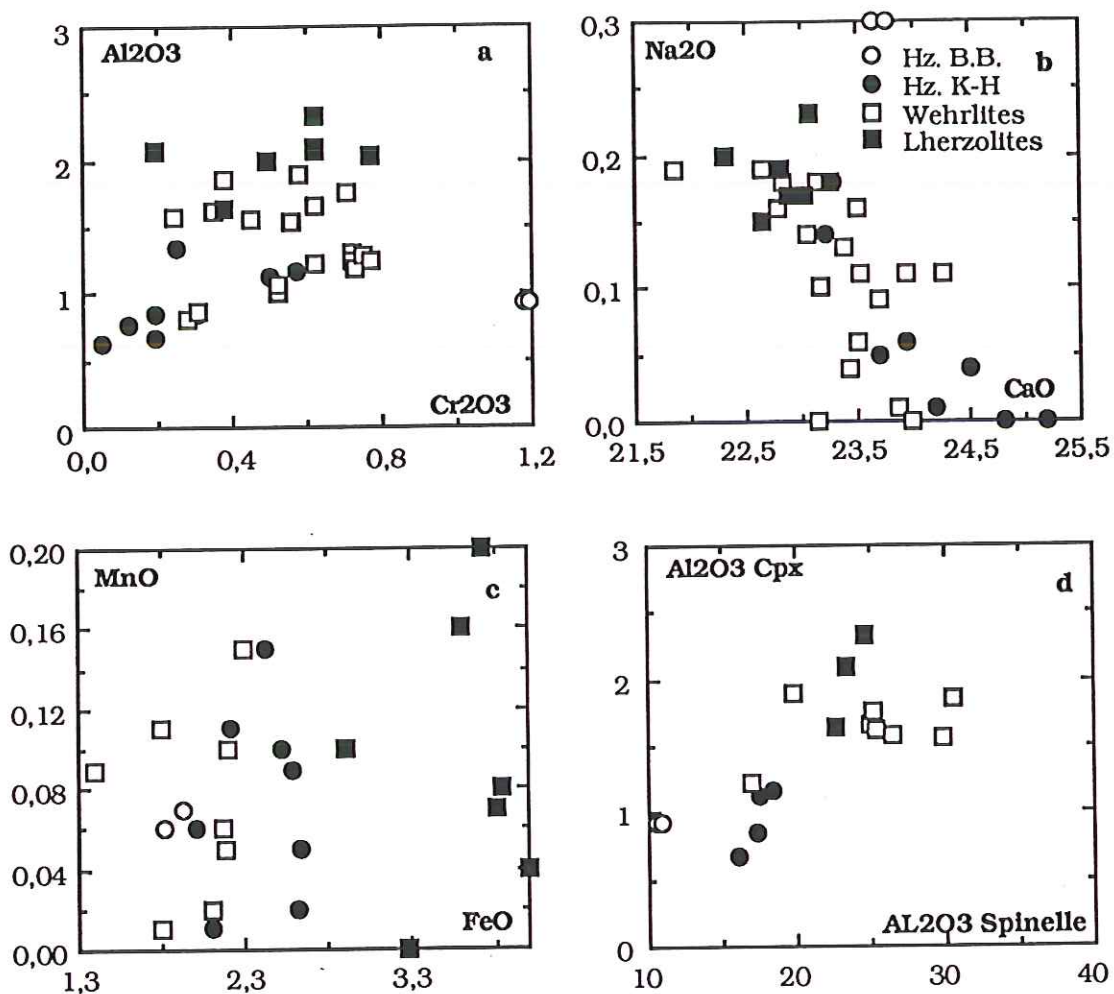


FIGURE. II.23. -Différentes corrélations pour les clinopyroxènes des harzburgites de Bregu i Bibës (B.B.) et ceux des harzburgites, des wehrlites et des lherzolites de la coupe Kam-Helshan (K-H) ; (a) Al_2O_3 en fonction de Fe_2O_3 ; (b) Na_2O en fonction de CaO ; (c) MnO en fonction de FeO et (d) Al_2O_3 des clinopyroxènes en fonction de Al_2O_3 des spinelles coexistant.

II.2.2.5. Les amphiboles.

Les amphiboles sont rares. En tout, nous avons une analyse d'une amphibole des wehrlites, quatre analyses pour deux amphiboles des harzburgites de Bregu i Bibës, deux analyses d'une amphibole incluse dans le spinelle accessoire des mêmes harzburgites et une analyse d'une amphibole incluse dans le spinelle accessoire des lherzolites. Malgré leur rareté, ces amphiboles présentent des variations de composition chimique.

Les amphiboles des wehrlites sont enrichies en SiO_2 , MgO , CaO et appauvries en Al_2O_3 et en Na_2O par rapport aux amphiboles des harzburgites de Bregu i Bibës.

Projetées sur le diagramme Al^{VI} en fonction de $(\text{Na}+\text{K})$ ces amphiboles tombent dans le domaine des hornblendes.

II.3. EVOLUTION DU MANTEAU ET DES CUMULATS.

Nous avons mis présédemment en évidence des variations des teneurs en certains éléments. Ces variations se font selon deux directions : NE-SW et NW-SE pour le manteau, et selon une seule direction (N-S) (Bregu i Bibës, Kam-Helshan) pour les cumulats.

II.3.1. Variations NE-SW.

Ces variations NE-SW ont été mises en évidence grâce à deux coupes orientées, l'une dans le secteur A et l'autre dans le secteur B.

Ces coupes montrent une augmentation des teneurs en Al_2O_3 vers l'Est. En effet, de l'Ouest en Est, les teneurs en Al_2O_3 des spinelles accessoires des harzburgites croissent de 10 à 20% dans la coupe du secteur B et de 20 à 30% dans la coupe du secteur A. Les teneurs en Al_2O_3 des spinelles accessoires se corrélaient positivement avec celles des orthopyroxènes coexistants. Dans la partie occidentale du secteur B, les orthopyroxènes sont quasiment dépourvus d'alumine, tandis que les orthopyroxènes de la partie orientale du secteur A contiennent jusqu'à 3% de Al_2O_3 .

Cette évolution des teneurs en Al_2O_3 indiquerait que le taux de fusion partielle du manteau a été plus important dans sa partie supérieure, c'est-à-dire dans le secteur B.

L'augmentation des teneurs en Al_2O_3 avec la profondeur a également été mise en évidence dans les péridotites ophiolitiques d'Oman et de Terre Neuve.

La diminution des teneurs en Al_2O_3 des spinelles accessoires des harzburgites s'accompagne non seulement d'une augmentation des teneurs en

Cr₂O₃, mais aussi de celles en TiO₂, Fe₂O₃ et du rapport Fe²⁺/(Mg+Fe²⁺). A l'appui des données expérimentales de Evans et Frost (1975), de Mysen et Kushiro (1977) et de Jaques et Green (1980) nous pouvons dire que l'augmentation de Cr₂O₃ est compatible avec un processus de fusion partielle. Toutefois, l'augmentation des teneurs en fer et en titane ne confirme pas une telle hypothèse.

Dans le secteur B, l'augmentation des teneurs en Cr₂O₃ des spinelles n'est pas accompagnée d'une augmentation similaire dans les orthopyroxènes. Ceci témoigne de différentes conditions de partage du chrome entre spinelle et orthopyroxène dans les secteurs A et B, et donc d'une évolution des conditions de fusion partielle.

II.3.2. Variations NW-SE.

En comparant les secteurs A et C, nous avons pu mettre en évidence des variations NW-SE. De telles variations pourraient être contrôlées par le jeu des accidents transversaux. Ainsi, les concentrations en Al, Mg et Ni sont-elles plus faibles dans le secteur C que dans le secteur A. En revanche, les teneurs en Ca, Ti et V sont plus élevées dans le secteur C que dans le secteur A. Ceci indiquerait que la fusion partielle au Sud (secteur C) s'est produite dans des conditions plus hydratées qu'au Nord (secteur A).

II.3.3. Variations dans les cumulats.

L'étude des cumulats de Bregu i Bibës et de Kam-Helshan, nous a permis d'observer que les pyroxènes et les spinelles sont plus riches en Al, Fe, Mn et Ti dans les cumulats de Bregu i Bibës que dans ceux de Kam-Helshan, ceci lié à l'existence d'un magma enrichi en ces éléments.

Ces différences de composition chimique entre ces deux massifs cumulatifs permettent de penser que les cumulats du secteur C (Bregu i Bibës et Kam-Helshan) proviendraient du fonctionnement de plusieurs chambres magmatiques alimentées par des magmas de compositions différentes.

II.4. L'appartenance du massif ophiolitique de Tropoja.

Les résultats de cette étude permettent de répondre à la question de l'appartenance du massif ophiolitique de Tropoja. Cette question avait été soulevée au vu de la position géographique particulière de ce massif vis-à-vis des deux ceintures ophiolitiques.

Il apparaît désormais, que le massif ophiolitique de Tropoja peut être nettement rattaché à la ceinture orientale des ophiolites des albanides, compte tenu de la nature des roches et de la composition des minéraux. Il s'oppose aux ophiolites de la ceinture occidentale (Çina et al., 1986), et notamment au massif de Gomsique (Tërshana, 1982), par :

- (1) la présence d'un manteau harzburgitique plus appauvri, constitué de minéraux très magnésiens ($Fo > 90$),
- (2) la présence des gisements de chromite et de concentrations de platine,
- (3) la présence de laves pauvres en titane et,
- (4) par l'apparition plus tardive du plagioclase au liquidus.

Les cumulats de Tropoja sont également plus réfractaires que ceux de Gomsique. Dans ces derniers, la composition des clinopyroxènes est situé dans le domaine des hédénbergite-ferrohédénbergite, alors qu'à Tropoja, il s'agit le plus souvent de clinopyroxènes calciques et magnésiens : évoluant depuis diopside-endiopside jusqu'au pôle salite-augite.

CHAPITRE III.

III. LES DUNITES.

III.1. LES DUNITES MANTELLIQUES.

III.1.1. Pétrographie.

Après les harzburgites les dunités font le deuxième faciès prépondérant des roches mantelliques. Elles sont en général plus altérées et serpentinisées que les harzburgites. Elles sont peu déformées et par ailleurs fracturées, les fractures étant souvent remplies par des carbonates et des serpentines.

Les dunités sont constituées :

-d'olivine qui est prépondérante. La roche est constituée en général plus de 95% de l'olivine. Les cristaux d'olivine peuvent atteindre 2-4 cm. Les olivines présentent différents degrés de la serpentinisation. Même quand à l'œil nu elles apparaissent bien fraîches, au microscope on observe un maillage serpentineux qui complique la texture initiale de roche. L'olivine est parfois déformée des KBB de déformation leur confère une extinction roulante (Photo 6,7,8, Planche I-1) ;

-de spinelle chromifère en grain visible à l'œil nu. La quantité de spinelle varie de 2 à 3%, voire plus. Ces cristaux sont soit automorphes et soit xénomorphes et amiboïdes. Ils sont disséminés dans la roche ou en schlierens ;

-de clinopyroxène qui, en général est accessoire et intergranulaire

-d'orthopyroxène qui est très rare ;

-d'amphibole qui, dans les rares cas où elle est présente, est incluse dans le spinelle accessoire.

Les dunités mantelliques présentent une texture porphyroclastique (Photo 6,7,8, Planche I-1), soit une texture porphyroclastique en mosaïque. Les porphyroclastes étant représentés surtout d'olivine et plus rarement de spinelle et inclus dans la matrice granoblastique constituée d'olivine, de spinelle, de clinopyroxène et d'orthopyroxène.

III.1.2. Chimie des minéraux.

III.1.2.1. L'olivine.

Les teneurs moyennes en Fo, leurs écarts types sont calculés pour les olivines des dunites mantelliques du massif et de ces trois secteurs. Elles sont respectivement les suivantes :

	Secteur A	Secteur B	Secteur C	Le massif
Forstérite	92,93	93,32	91,32	91,97
Ecart type	1,24	0,94	1,16	1,52
Nombre d'analyses	26	9	41	76

La répartition des teneurs en Fo des olivines des dunites des trois secteurs du massif ainsi que pour l'ensemble du massif sont présentées dans les histogrammes de la figure II.24. Ces histogrammes montrent que, contrairement aux olivines des harzburgites, celles des dunites présentent des variations plus importantes de Fo au sein du même secteur du massif.

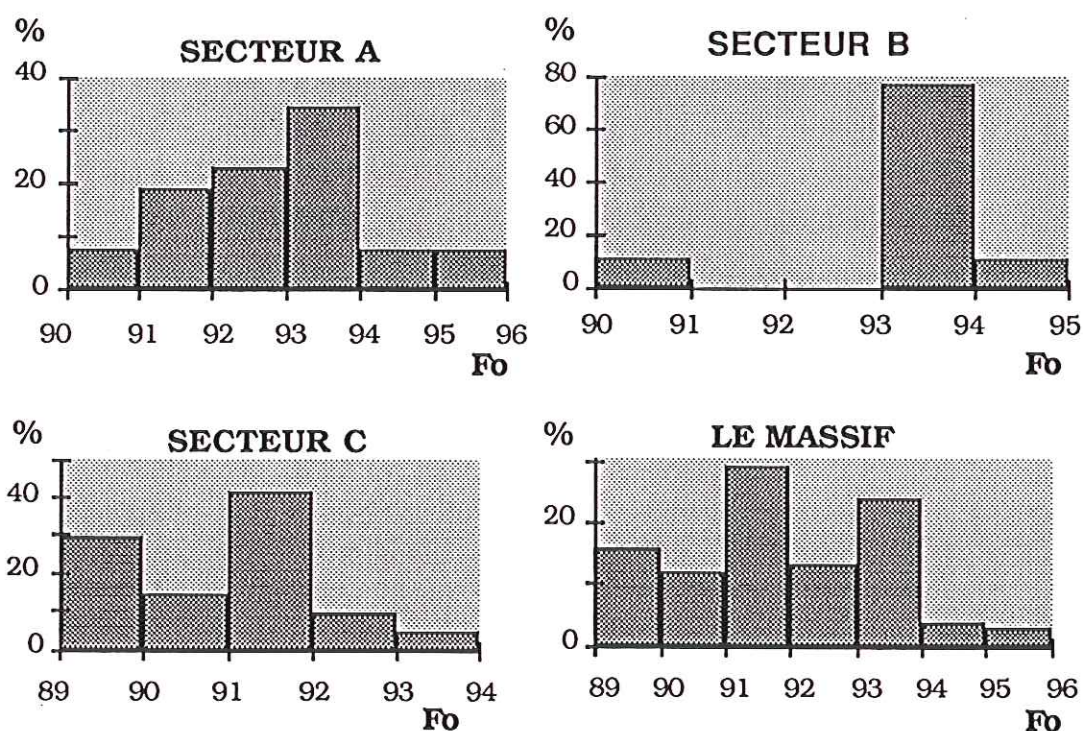


FIGURE II.24. -Répartition des teneurs en Fo des olivines des dunites du massif dans son ensemble et pour ses trois secteurs (A, B, C).

Le tableau et les histogrammes ci-dessus montrent le caractère plus magnésien des olivines des secteurs A et B ainsi qu'un large domaine de variation des teneurs en Fo des olivine du secteur C.

La partie B présente deux domaines de distribution des teneurs en Fo, un premier dans l'intervalle 90-91 et le deuxième dans l'intervalle 93-95 avec le maximum entre 93 et 94.

Les olivines des dunites du secteur A sont les moins riches en Mn at.(Fig. II.25. a, b) et les plus riches en CaO et en Ni at.

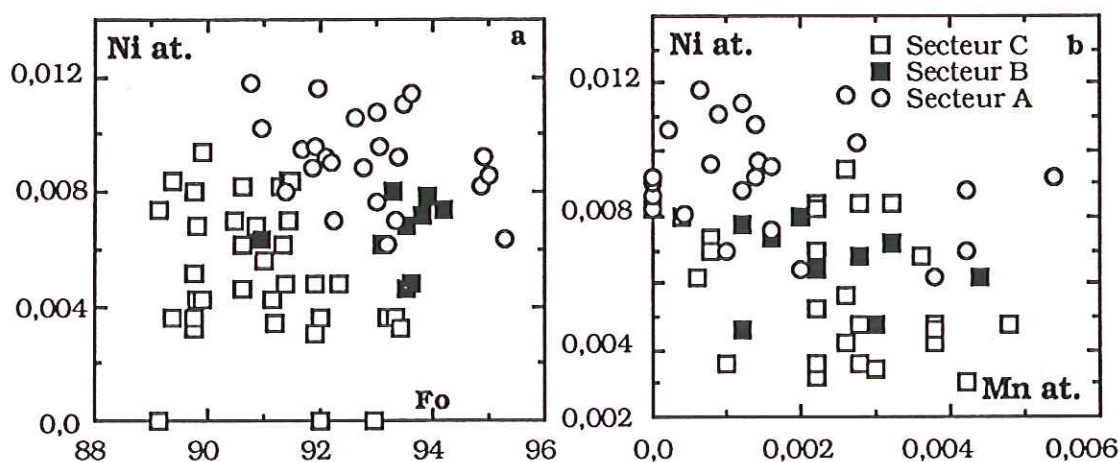


FIGURE . II.25 --Distribution des teneurs en : (a) NiO en fonction de celles en Fe ; (b) NiO en fonction de celles en MnO pour les olivines des dunites mantelliques des trois secteurs du massif.

III.1.2.2. Le spinelle.

Les teneurs en Cr_2O_3 des spinelles des dunites mantelliques varient entre 53 et 62% pds, en Al_2O_3 entre 8 et 17% pds, la majorité des analyses étant comprise entre 10 et 13%. Les teneurs en Fe_2O_3 oscillent entre 1 et 3,2% pds (Fig.II.26. d).

Les éléments majeurs bivalents présentent eux aussi des variations importantes surtout entre les différents secteurs du massif.

Les spinelles des dunites du secteur A sont les moins riches en Cr_2O_3 et les plus riches en Al_2O_3 (Fig II.26. a, b, f). Dans le diagramme $100 \cdot \text{Cr}/(\text{Cr}+\text{Al}+\text{Fe}^{3+})$ en fonction de $100 \cdot \text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+})$ le premier rapport reste constant pour de

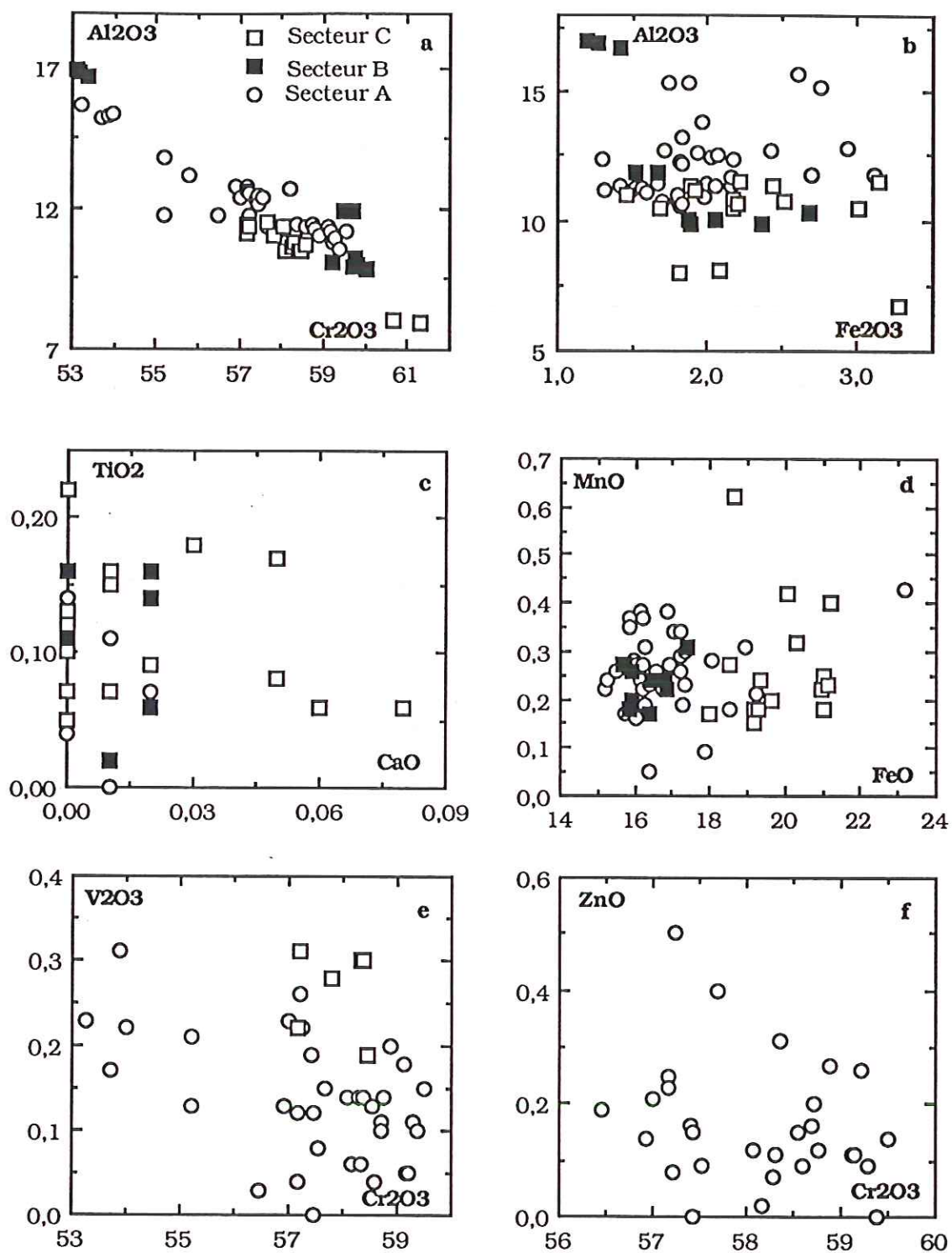


FIGURE II.26. Corrélations entre les teneurs des différents éléments dans les spinelles des dunites mantelliques : (a) Al₂O₃ en fonction de Cr₂O₃ ; (b) Al₂O₃ en fonction de Fe₂O₃ ; (c) TiO₂ en fonction de CaO ; (d) MnO en fonction de FeO ; (e) V₂O₃ en fonction de Cr₂O₃ et (f) ZnO en fonction de Cr₂O₃.

larges variations du deuxième (Fig. II.27. a). Les spinelles des dunites du secteur C sont moins riches en Mg que ceux des secteurs A et B. Cet appauvrissement en Mg des spinelles des dunites du secteur C est visible sur le diagramme (Fig. II.27. b) qui présente la corrélation entre les rapports $100 \cdot \text{Fe}^{3+}/(\text{Cr} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+})$ et $100 \cdot \text{Fe}^{2+}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})$. Sur ce diagramme il y a une corrélation positive entre ces rapports sur la population totale, mais en regardant plus attentivement on découvre des corrélations négatives de ces rapports en fonction de différents niveaux. En particulier, on observe un niveau pour les spinelles des dunites du secteur B et deux niveaux pour les spinelles des dunites du secteur C.

En ce qui concerne les éléments mineurs, il y a un léger enrichissement en MnO pour les spinelles des dunites du secteur A, presque la majorité des analyses est groupée entre 0,2 et 0,4% pds (Fig. II.26. d).

Les teneurs en V_2O_3 des spinelles des dunites du secteur A du massif se corrélaient négativement avec celles du Cr_2O_3 (Fig. II.26. e).

Les analyses disponibles pour le ZnO appartiennent aux spinelles du secteur A. La teneur maximale est de 0,6%, la majorité étant entre 0 et 0,2% pds (Fig. II.26. f).

Les teneurs en TiO_2 sont distribuées au hasard, et celles en CaO ne sont pas significatives (Fig. II.26. c).

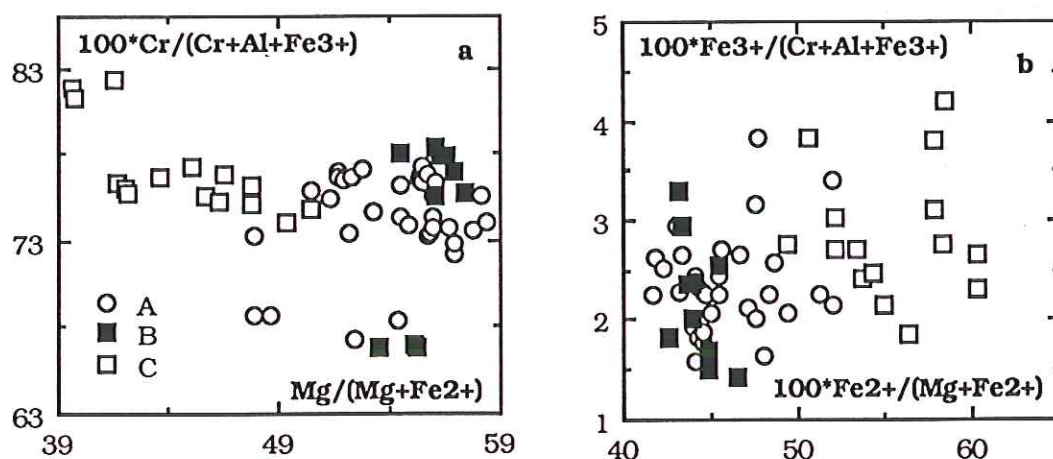


FIGURE II.27 -Corrélation entre les rapports : (a) $100 \cdot \text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+})$ en fonction de $100 \cdot \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})$ et (b) $100 \cdot \text{Fe}^{3+}/(\text{Cr} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+})$ en fonction de $100 \cdot \text{Fe}^{2+}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})$ pour les spinelles accessoires des dunites des trois secteurs (A, B et C) du massif.



FIGURE II.28. -Composition chimique des spinelles accessoires des dunites mantelliques dans le diagramme Fe^{3+} -Cr-Al : Cercles blancs, Secteur A ; Carrés noirs, Secteur B ; Carrés blancs, Secteur C.

III.1.2.3. Le clinopyroxène.

Les clinopyroxènes ne sont pas abondants dans les dunites mantelliques.

Ainsi, un grain a pu être analysé dans les dunites du secteur A (échantillon 257) et deux grains dans les dunites du secteur B (échantillons 166A et 168A).

Par contre, des clinopyroxènes inclus dans les spinelles accessoires ont été analysés dans les dunites du secteur C et dans les dunites du secteur B.

Les clinopyroxènes du secteur A et ceux du secteur B sont différents.

Ainsi, les clinopyroxènes d'échantillon 257 (secteur A) sont plus riches en MgO et moins riches en Al_2O_3 , CaO et Na_2O que ceux des échantillons 166A et 168A (secteur B). Ces différences sont présentées dans le tableau suivant :

Echantillon	Secteur	Al_2O_3	MgO	CaO	Na_2O
257/2	A	0,12	19,23	24,03	0,03
257/3	A	0,49	20,09	23,03	0,00
168A99	B	1,02	17,35	24,51	0,10
168A100	B	1,18	17,61	24,69	0,09
168101	B	1,02	24,69	25,03	0,11
166A80	B	0,92	18,64	24,13	0,02

Projétés sur diagramme triangulaire Wo-En-Fs (Fig. II.9.) ces clinopyroxènes sont à la limite diopside-endiopside.

III.1.2.4. L'orthopyroxène.

Les orthopyroxènes sont encore plus rares que les clinopyroxènes. Une enstatite a été analysée dans les dunités du secteur B (échantillon 166A).

III.1.2.5. Les amphiboles.

Les amphiboles sont un peu plus abondantes par rapport aux pyroxènes. En tout, six amphiboles ont été analysées dans les dunités du secteur A (échantillons 257 et 275), deux dans les dunités du secteur B (échantillons 121A et 166A) et une seule dans les dunités du secteur C (échantillon 23A).

Mis à part un léger enrichissement en MgO des amphiboles des dunités du secteur A, on ne peut pas mettre en évidence d'autres différences dans la composition chimique de ces amphiboles.

Dans le diagramme Al^{IV} en fonction de (Na+K), ces amphiboles sont comprises entre les domaines des trémolites et des hornblendes (Fig. II.17.).

III.2. LES DUNITES CUMULATIVES.

III.2.1. Pétrographie.

Ces dunités sont constituées, comme leur équivalentes mantelliques, d'olivine, de spinelle, de clinopyroxène et d'orthopyroxène. Mais dans le massif de Tropoja, aucune olivine n'a pu être analysée, toutes les olivines étant serpentinisées. Ces serpentines sont principalement des lizardites (des antigorites), des chrysotiles avec des habitus de bastite et de serphite.

Par contre, des olivines fraîches ont été analysées en inclusion dans le spinelle accessoire. Dans ces spinelles ont été analysés des olivines, des clinopyroxènes, des orthopyroxènes et des chlorites.

Les spinelles accessoires font jusqu'à 3% du volume. Ils sont souvent automorphes polygonaux, mais parfois ils sont xénomorphes, en position intercumulus.

III.2.2. Chimie des minéraux.

III.2.2.1. L'olivine.

Une olivine fraîche incluse dans le spinelle accessoire des dunites de la coupe Kam-Helshan (échantillon 107A) a été analysée. Pour faciliter la discussion, la chimie de cette olivine va être opposée à celles des olivines incluses dans le spinelle accessoire des dunites mantelliques (échantillons 166A et 173A du secteur B et 74A du secteur C). Les éléments qui marquent la différence entre ces olivines d'origine diverse sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Echantil.	Position	Fo	Cr ₂ O ₃	NiO	Al ₂ O ₃	CaO
107A	Cumulats	96,0	0,57	0,66	0,04	0,00
74A	Secteur C	93,35	0,33	0,47	0,01	0,08
166A	Secteur B	92,45	0,32	0,50	0,02	0,05
173A	Secteur B	93,56	0,13	0,32	0,00	0,04

Donc, les olivines incluses dans le spinelle accessoire des dunites cumulatives (coupe Kam-Helshan) sont plus riches en MgO (Fo), en Cr₂O₃, en NiO et en Al₂O₃ et moins riches en CaO que leurs équivalentes mantelliques.

III.2.2.2. Le spinelle.

L'étude de la chimie des spinelles accessoires des dunites va être faite en les opposant aux spinelles des dunites de Bregu i Bibès ceux de la coupe Kam-Helshan.

Les spinelles de ces deux coupes présentent des variations de composition chimique qui affectent surtout ; Cr, Al, Fe³⁺, Fe²⁺ et Mg. Ces variations sont représentées sur les diagrammes de la figure. II.30.

Observant ces diagrammes on conclut que les spinelles accessoires des dunites de la coupe Kam-Helshan sont plus riches en Al₂O₃ (Fig. II.29. a, b) en Cr et en Mg (Fig. II.29. d) et moins riches en Fe³⁺ et en Fe²⁺ que les spinelles accessoires des dunites de Bregu i Bibès.

L'enrichissement en Al et l'appauvrissement en Fe³⁺ et en Cr des spinelles des dunites de la coupe Kam-Helshan sont également mis en évidence dans le diagramme triangulaire Fe³⁺-Cr-Al (Fig. II.30.).

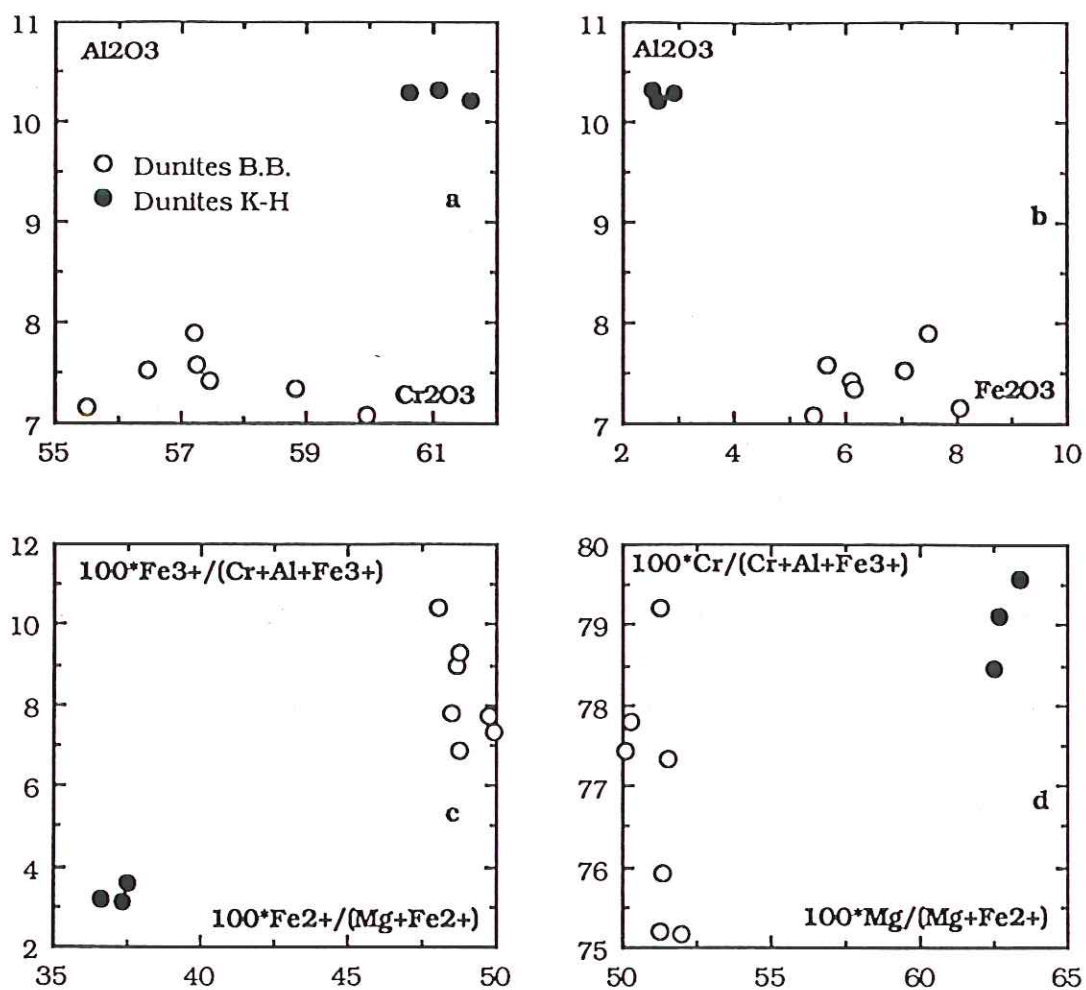


FIGURE II.29 -Corrélation entre les valeurs ; (a) Al_2O_3 et Cr_2O_3 , (b) Al_2O_3 et Fe_2O_3 , (c) $100 \cdot Fe^{3+} / (Cr + Al + Fe^{3+})$ et $100 \cdot Fe^{2+} / (Mg + Fe^{2+})$ et (d) $100 \cdot Cr / (Cr + Al + Fe^{3+})$ et $100 \cdot Mg / (Mg + Fe^{2+})$ pour les spinelles accessoires des dunites de Bregu i Bibès (B.B.) et de la coupe Kam-Helshan (K-H).



FIGURE II.30. -Composition des spinelles accessoires des dunites cumulatives : Cercles blancs, Bregu i Bibès ; Cercles noirs, Kam-Helshan.

III.2.2.3. Le clinopyroxène.

La discussion de la chimie des clinopyroxènes sera faite en opposant les clinopyroxènes inclus dans le spinelles accessoires des dunités de Bregu i Bibès à ceux inclus dans les spinelles accessoires des dunités de la coupe Kam-Helshan.

Les différences de composition des clinopyroxènes inclus dans les spinelles des dunités de Bregu i Bibès et celles de la coupe Kam-Helshan sont exprimées par l'intermédiaire des diagrammes dans la figure II.31.

Ainsi, les clinopyroxènes inclus dans le spinelle accessoire des dunités de la coupe Kam-Helshan sont plus riches en Al_2O_3 (Fig. II.31. a), CaO (Fig. II.31. b) et MgO (Fig. II.31.c) et moins riches en MnO (Fig. II.31.c) que les clinopyroxènes inclus dans le spinelle accessoire des dunités de Bregu i Bibès.

Le diagramme de corrélation entre les teneurs en Al_2O_3 des clinopyroxènes et celles des spinelles hôtes, montre une corrélation positive. Les spinelles des dunités de la coupe Kam-Helshan sont les plus riches en Al_2O_3 (Fig. II.31. d).

Dans le diagramme triangulaire Wo-En-Fs (Fig. II.9.) ces clinopyroxènes se trouvent dans le domaine des diopsides.

III.2.2.4. L'orthopyroxène.

Un grain d'orthopyroxène, de composition : En, 91,07 ; Fs, 7,72 et Wo, 1,21, inclus dans le spinelle accessoire des dunités de Bregu i Bibès a été analysé. Les deux analyses sont présentées dans le tableau I-21.

III.2.2.5. Les chlorites.

Des chlorites en baguette de petite taille incluses dans le spinelle accessoire des dunités de Bregu i Bibès ont été analysées. Ce sont des diabanites à la limite des pynochlorites. La moyenne de six analyses donne la composition suivante :

	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO
% pds	33,00	34,66	13,54	2,66	2,22
Ecart type	0,13	0,38	0,35	0,33	0,20

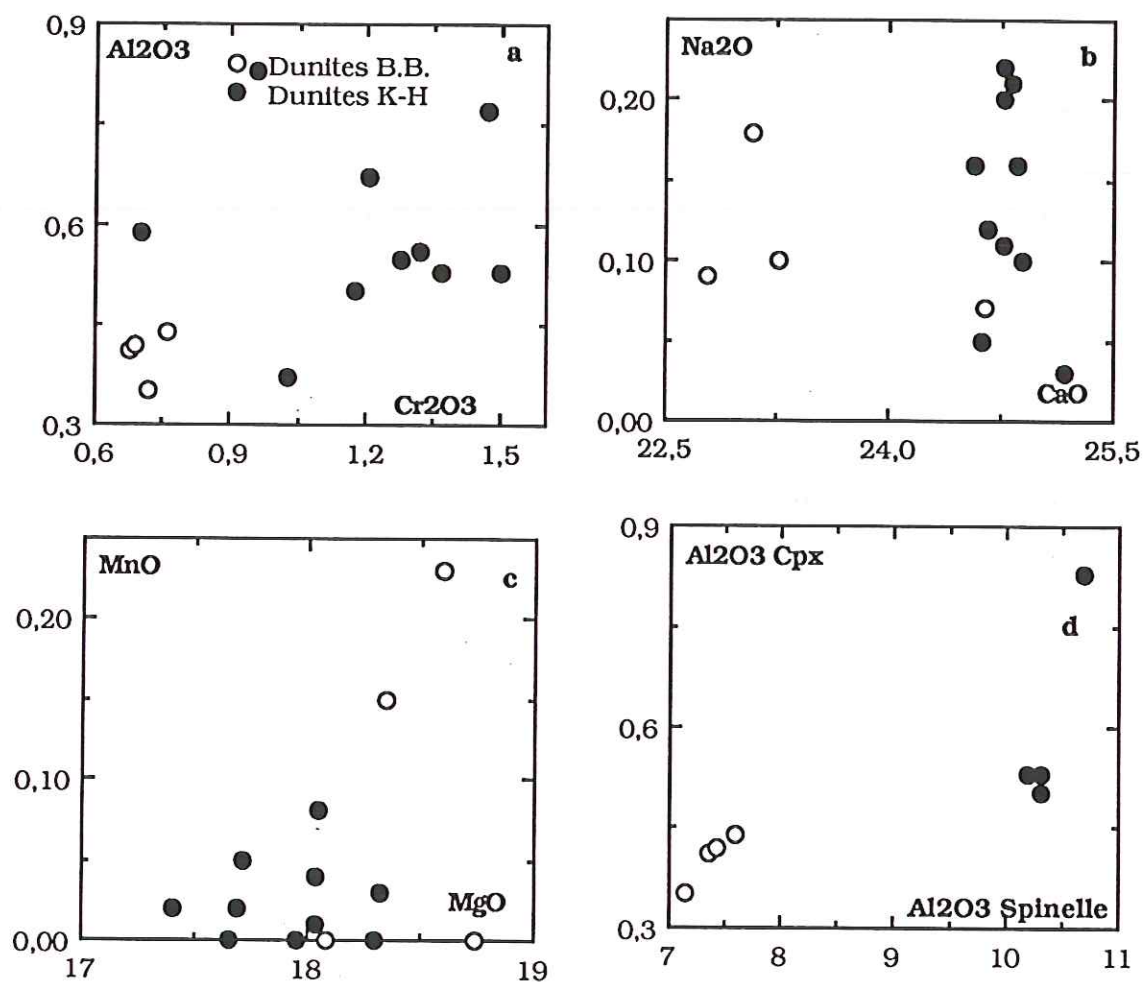


FIGURE . II.31. -Distribution des teneurs de : (a) Al₂O₃ en fonction de Cr₂O₃ ; (b) Na₂O en fonction de CaO; (c) MnO en fonction de MgO. (d) Corrélation positives entre les teneurs en Al₂O₃ des clinopyroxènes et des spinelles hôtes. Ces minéraux proviennent des dunites de Bregu i Bibès (B.B.) et des dunites de la coupe Kam-Helshan (K-H).

III.3. DISCUSSION SUR L'ORIGINE DES DUNITES.

III.3.1. Les différentes hypothèses sur la formation des dunites.

Vu les différents modes d'ocurrences dans les complexes ophiolitiques, les mécanismes de leur formation restent controversés et, sauf exception, on ne peut géochimiquement les distinguer. Pour expliquer l'origine des dunites, deux types de processus sont couramment proposés :

1. -Les dunites sont le résultat d'une transformation *in situ* d'une péridotite ;
2. -Les dunites sont le produit de cristallisation-accumulation d'olivine et de chromite à partir d'un liquide magmatique ;

Quatre modes de transformation d'une péridotite en dunité sont discutés :

- a) -L'augmentation de la température provoque la fusion des pyroxènes et laisse un résidu dunitique, donc les dunites sont des résidus d'un degré élevé de fusion partielle (Boudier et al. 1977 ; Dick 1977) ;
- b) -La ségrégation métamorphique est évoquée pour expliquer le rubanement dunitique parallèle à la foliation tectonique dans les harzburgites (Dick et Sinton 1979) ;
- c) -L'interaction entre les harzburgites et un magma basaltique provoque la déstabilisation du pyroxène en déséquilibre avec le magma, et laisse un résidu dunitique (Hopson et al. 1981) ;
- d) -La réaction métasomatique entre une phase vapeur aqueuse et la harzburgite transforme l'orthopyroxène de la harzburgite en olivine (Bowen et al. 1949, Dungan et al. 1977).

Le contact plat entre les dunites et les harzburgites souvent observé est un argument structural fréquemment cité pour attribuer une origine magmatique, par accumulation de cristaux, aux dunites (Harkins et al. 1980). Ces auteurs, pensent que le mécanisme conduisant à une origine résiduelle des dunites doit se traduire par un contact progressif entre les dunites et les harzburgites, c'est-à-dire disparition progressive de l'orthopyroxène.

IV.3.2. Formation des dunites du massif de Tropoja.

Dans le massif de Tropoja, nous avons observé quatre types de dunites :

dunites stériles ; dunites d'épentes ; dykes de dunites et dunites cumulatives. Les dunites cumulatives sont serpentinisées et par conséquent on ne peut pas les comparées avec les dunites mantelliques. Il n'y a pas de différence significative de composition chimique entre les dunites stériles et les dunites d'épentes. Les dykes de dunites n'ont pas été étudiés.

Dans la zone de transition du massif de Tropoja, nous avons observé sur le terrain des contacts dunites-harzburgites parfois concordants, mais souvent sécants par rapport à la foliation dans les harzburgites. Près du contact dunites-harzburgite et même à l'intérieur des dunites, sont observés des reliques de cristaux d'orthopyroxène. A Rragam-1, les dunites près du contact avec les harzburgites contiennent de 3 à 8% de cristaux d'enstatite, de même dans le gisement de Vlahën les dunites sont riches en orthopyroxène (Zhukri et al. 1987). Malgré les contacts sécants entre les dunites et les harzburgites, nous avons observé dans les dunites la même orientation des grains de spinelle que dans la foliation dans le manteau.

Enfin, une ressemblance dans l'allure du spectre et le même type d'enrichissement en TR (chapitre précédent), des dunites et des harzburgites, sont mis en évidence.

Le caractère du contact fait penser à un mode d'emplacement mettant en oeuvre un processus métasomatique. La possibilité la plus envisageable est l'élargissement du domaine de stabilité de l'olivine par suite d'une forte pression partielle de H_2O Kushiro (1972). Cette étude expérimentale a permis de montrer que l'extension du domaine de stabilité de l'olivine va au-delà du joint enstatite-anorthite, ce qui implique que l'olivine peut cristalliser à partir de liquides à forte activité en oxygène.

Par conséquent, l'interaction d'un tel liquide (riche en H_2O et en volatils) avec la harzburgites devrait aboutir à une dissolution de l'orthopyroxène et à un rééquilibrage avec l'olivine des harzburgites. Ceci pourrait expliquer la "digestion" des harzburgites par la dunites dans la zone de transition.

Les spinelles ne subissent pas le processus de transformation des harzburgites en dunites. Ils préservent la même orientation qu'ils avaient avant cette transformation. De même, la concentration en TR et les rapport entre elles ne changent pas lors du processus de transformation, ce qui est en accord avec l'hypothèse que les TR ne changent pas pendant les processus de transformation (Johan et al. 1989).

CHAPITRE IV

IV. LES PYROXENITES S.L.

IV.1. Introduction.

Les pyroxénites dans le manteau sont rares. Elles y sont sous forme de filon d'épaisseur variable de quelques centimètres jusqu'à quelques mètres (Fig. II.52., Carte géologique de l'indice de Dunishë). Un filon radial de pyroxénite a été observé dans la région Lajthizë.

Dans les cumulats, les pyroxénites forment des importants tels que les pyroxénites de la région Stoberdë, de l'indice de Bregu i Bibës, de la coupe de Kam-Helshan, au Sud-Est du massif et celles de la région Vlad-Pac, plus ou moins au centre du massif.

Vu la rareté des pyroxénites dans le manteau elles seront traitées avec les pyroxénites des cumulats.

IV.2. Pétrographie.

Les pyroxénites sont des roches constituées essentiellement (>60%) de pyroxène. La distribution des cristaux de clinopyroxène et d'orthopyroxène n'est pas homogène. Ces cristaux sont pegmatitiques, un cristal d'orthopyroxène d'une vingtaine de centimètre a été observé dans l'indice de Bregu i Bibës.

Les pyroxénites présentent soit une texture d'adcumulats soit une texture d'hétéradcumulats (Photo 3,45,6, Planche I-2).

Dans les adcumulats les deux pyroxènes qui présentent des points triples et les spinelles chromifères automorphes forment la phase cumulus. L'olivine, le spinelle xénomorphe, le plagioclase, lorsqu'il est présent, sont en phase intercumulus. Il faut noter que l'olivine et le plagioclase sont souvent altérés.

Dans les hétéradcumulats, la roche présente des grands cristaux, parfois automorphes, d'orthopyroxène (bronzite) et de rares cristaux d'olivine et de clinopyroxène en phase cumulus. Les espaces interstitiels sont comblés par de plagioclase post-cumulus. A noter, comme dans le cas de la texture d'adcumulats cité ci-dessus, l'altération du plagioclase.

Selon les observations microscopiques, la composition chimique et en se

basant sur la classification de Streckeisen (1973) on distingue :

- des orthopyroxénites, caractéristiques pour les filons dans le manteau ;
- des orthopyroxénite allant jusqu'à des websterites à olivine, caractéristiques pour les cumulats de Bregu i Bibës ;
- des clinopyroxénites, caractéristiques pour les cumulats de la coupe Kam-Helshan.

IV.3. Chimie des minéraux.

IV.3.1. L'olivine.

Une olivine des pyroxénites en filon recoupant le manteau et une autre dans les pyroxénites cumulatives ont été analysées. Elles présentent des variations importantes de leur composition chimique.

Pour que l'on puisse faire la comparaison entre ces deux olivines nous avons reporté leur composition dans le tableau suivant :

Position	SiO ₂	FeO	MnO	MgO	NiO	Fo
Manteau	41,93	8,57	0,19	50,39	0,31	90,93
Cumulats	39,78	16,89	0,41	44,25	0,02	80,99

Ce tableau nous montre un net enrichissement en SiO₂, MgO et NiO et appauvrissement en FeO et MnO des olivines des pyroxénites du manteau par rapport aux olivines des pyroxénites cumulatives.

IV.3.2. Le clinopyroxène.

Des clinopyroxènes ont été observés dans tous les affleurements des pyroxénites cumulatives de Bregu i Bibës, de Kam-Helshan et de Vlad,.

Dans les pyroxénites filoniennes du manteau les clinopyroxènes sont absents. Ils sont surtout présents dans les clinopyroxénites de la coupe de Kam-Helshan et plus rarement dans les orthopyroxénites-webstérites de Bregu i Bibës.

Les caractéristiques de ces clinopyroxènes ainsi que leurs différences sont présentées par l'intermédiaires des diagrammes de la figure II.32.

On note la corrélation négative entre les teneurs en: FeO et SiO₂ (Fig. II.32.

a); Al_2O_3 et SiO_2 (Fig. II.32. b) et TiO_2 et MgO (Fig. II.32. c). et également une tendance de corrélation positive entre les teneurs en MnO et FeO . Dans les pyroxénites de Bregu i Bibës on observe une bonne corrélation positive entre les teneurs en Al_2O_3 des clinopyroxènes et des spinelles coexistant.

Le diagramme Al_2O_3 en fonction de Cr_2O_3 (Fig. II.32. d) mérite une attention particulière. Il exprime deux corrélation positives entre les teneurs de ces oxydes. Ces corrélations se font à deux niveaux. Il y a un premier niveau plus riche en Al_2O_3 qui appartient aux clinopyroxènes des pyroxénites de la coupe Kam-Helshan et un deuxième, moins riche en Al_2O_3 , appartenant aux clinopyroxènes des pyroxénites de Vlad. A l'opposé, dans ce même diagramme, on observe une corrélation négative pour les clinopyroxènes de Bregu i Bibës.

Cette différence, exprimée sur ce diagramme, est accompagnée d'autres variations : par exemple les clinopyroxènes des pyroxénites de la coupe Kam-Helshan sont plus riches en FeO , Al_2O_3 et TiO_2 et moins riches en SiO_2 et MgO .

Ces différences dans leur chimie suggèrent l'hypothèse de trois injections différentes pour la formation de ces pyroxénites.

IV.3.3. L'orthopyroxène.

Les orthopyroxènes sont présents dans les pyroxénites de tous les affleurements du massif. Les orthopyroxènes des orthopyroxénites filoniennes dans le manteau sont les plus magnésiens, les moins riches en Al_2O_3 et en CaO tandis que ceux des pyroxénites de la coupe Kam-Helshan sont les moins magnésiens et les plus riches en Al_2O_3 et en CaO . C'est ce que l'on déduit des diagrammes de corrélations entre l'En et le CaO et l'En et l' Al_2O_3 (Fig. II.33. a et b)

Les autres diagrammes (Fig. II.33.) montrent un enrichissement en FeO , en Cr_2O_3 , en Al_2O_3 et en TiO_2 des orthopyroxènes des clinopyroxénites de la coupe Kam-Helshan et celui en SiO_2 , en MgO et en Cr_2O_3 des orthopyroxènes des orthopyroxénites filoniennes qui sont aussi les moins riches en FeO .

Les autres orthopyroxènes sont intermédiaires en composition par rapport à ceux des clinopyroxénites de la coupe Kam-Helshan et à ceux des orthopyroxénites dans le manteau.

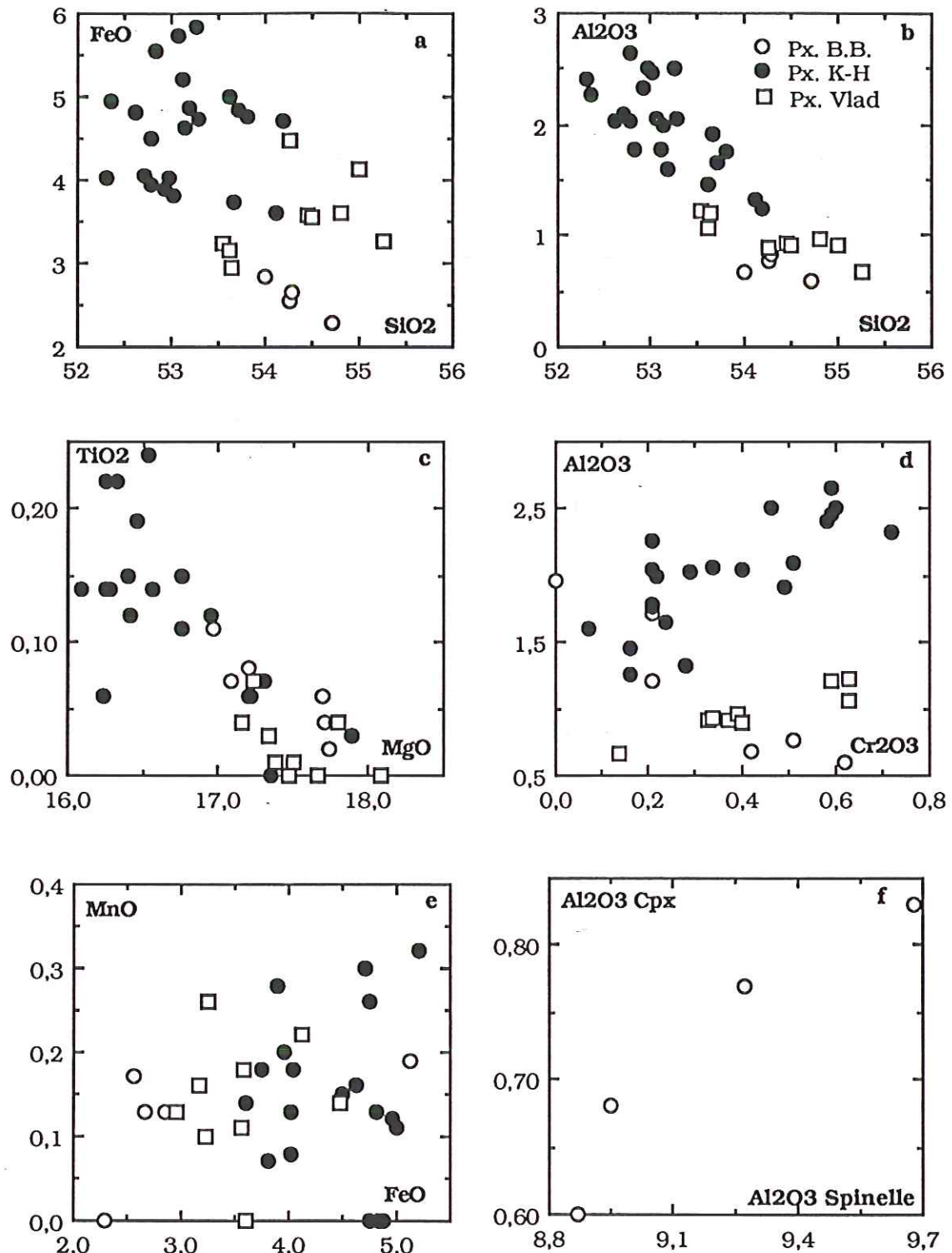


FIGURE II.32. -Diagrammes de corrélation entre les teneurs en : (a) FeO et SiO₂; (b) Al₂O₃ et SiO₂; (c) TiO₂ et MgO; (d) Al₂O₃ et Cr₂O₃; (e) MnO et FeO et (f) Al₂O₃ des clinopyroxénites et spinelles coexistant des orthopyroxénites de Bregu t Bibès (B.B.), de Vlad et des clinopyroxénites de la coupe Kam-Helshan (K-H).

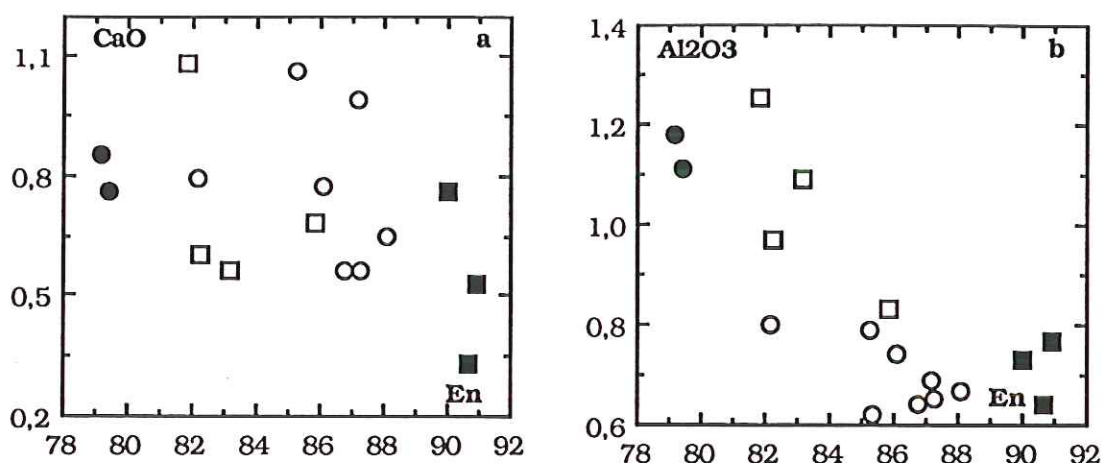


FIGURE II.33. -Corrélattons positives entre les teneurs en En et Ca (a) et en En et Al_2O_3 (b) pour les orthopyroxènes de différentes pyroxénites du massif. Légende cf. la figure qui suit.

La corrélation positives entre les teneurs en Al_2O_3 des orthopyroxènes des orthopyroxénites-webstérites de Bregu i Bibës et des spinelles coexistant est bonne (Fig. II.32. f).

Les compositions chimiques des orthopyroxènes des orthopyroxénites filoniennes dans le manteau et de Bregu i Bibës sont assez proches des compositions chimiques des orthopyroxènes des cumulats pour certains éléments tel que le Cr, le Ca, le Al, voir les diagrammes de corrélation (Fig.II.34.).

Dans le diagramme triangulaire Wo-En-Fs les orthopyroxènes des orthopyroxénites filoniennes dans le manteau sont des enstatites alors que ce sont des bronzites et des hypersthènes dans les cumulats.

IV.3.4. Le spinelle.

Les spinelles accessoires dans les pyroxénites n'ont été observés que dans les pyroxénites de Bregu i Bibës. Leur composition chimique ne varie pas.

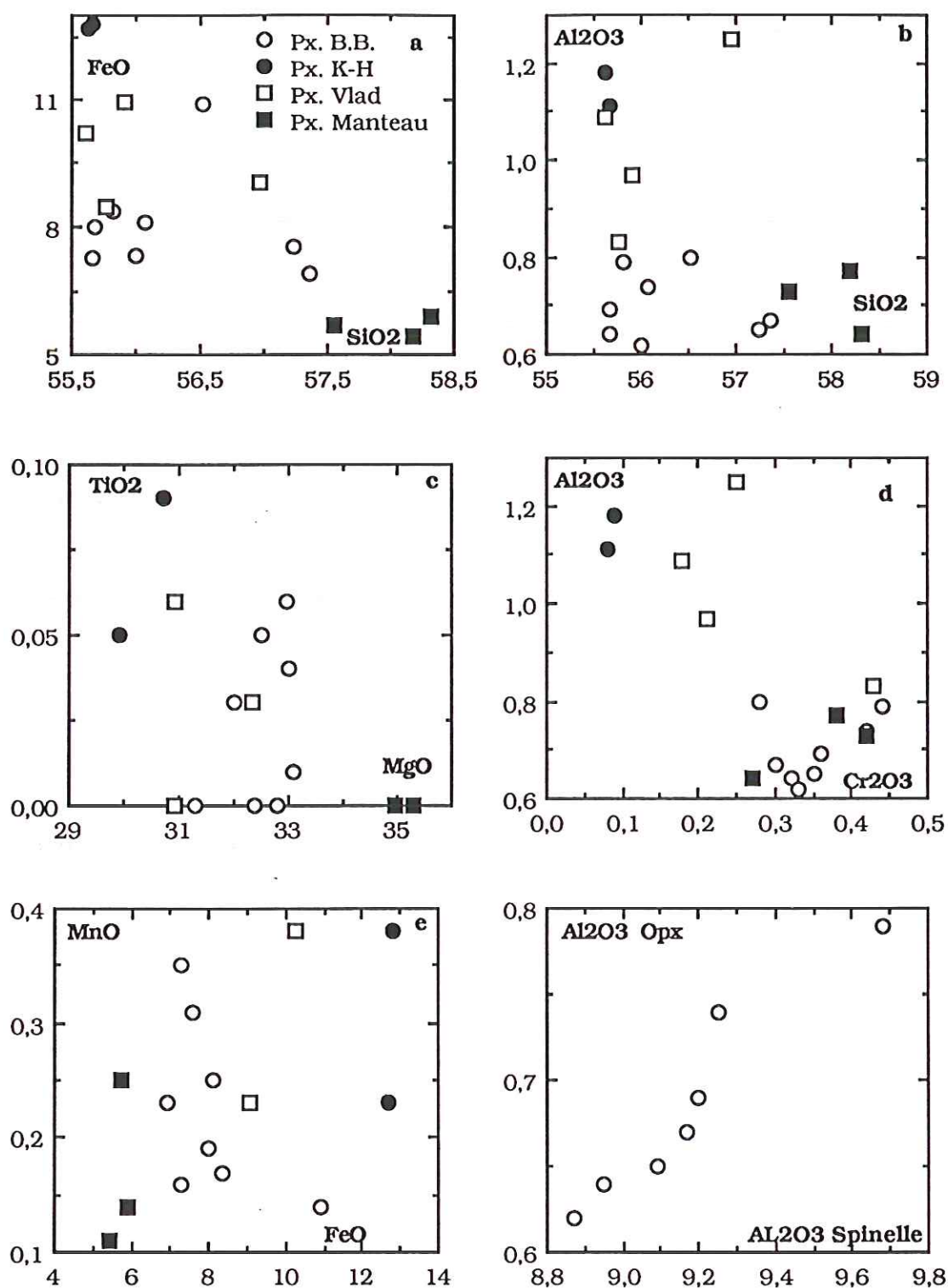


FIGURE II.34. -Différentes corrélations pour les orthopyroxènes de différentes pyroxénites du massif de Tropoja. (a) FeO-SiO₂ (b) Al₂O₃-SiO₂ (c) TiO₂-MgO (d) Al₂O₃-Cr₂O₃ (e) MnO-FeO et (f) Al₂O₃ des orthopyroxènes-Al₂O₃ des spinelles coexistant.

IV.3.5. Les amphiboles.

Elles sont présentes dans les orthopyroxénites de Bregu i Bibës et les clinopyroxénites de la coupe Kam-Helshan. Les amphiboles présentent des variations de composition chimique même au sein d'une lame mince, comme dans les orthopyroxénites de Bregu i Bibës. Les compositions chimiques sont données dans l'annexe. Dans le diagramme Al^{IV} en fonction de $(Na+K)$ ces amphiboles évoluent depuis des trémolites jusqu'aux hornblendes.

IV.4. Diagramme de TR

Les terres rares des orthopyroxénites de Bregu i Bibës (échantillon 6) et ceux des clinopyroxénites de la coupe Kam-Helshanet (échantillon 111A) ont été analysés. Les spectres de TR de ces échantillons ne sont pas complets (Fig. II.35.), toutefois on peut mettre en évidence des différences entre ces deux pyroxénites.

Premièrement, pour les pyroxénites de la coupe Kam-Helshan nous avons une anomalie positive en Ce et Lu tandis que pour les pyroxénites de Bregu i Bibës les anomalies en ces TR sont négatives. Deuxièmement, les clinopyroxénites de la coupe Kam-Helshan sont plus riches en TR.

Les différences dans l'allure des spectres de TR de ces pyroxénites suggèrent également l'hypothèse de plusieurs impulsions différentes.

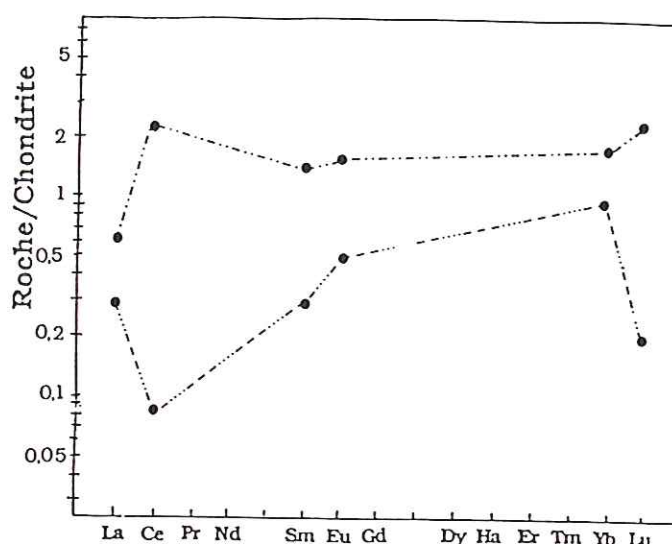


FIGURE II.35. - Spectres de TR des pyroxénites : Les pyroxénites de Kam-Helshan en sont les plus riches.

CHAPITRE V

V. GABBROS S.L. ET ANORTHOSITES.

V.1. GABBROS

V.1.1. Introduction.

Les gabbros étudiés proviennent de Bregu i Bibës et de la coupe de Kam-Helshan. Dans le secteur Vlad les gabbros n'affleurent pas. Des gabbros filoniens sont présents dans la zone de transition du manteau. L'étude de ces roches va être menée en opposant les gabbros de la coupe Kam-Helshan aux gabbros de Bregu i Bibës.

V.1.2. Pétrographie.

Les gabbros sont des roches constituées essentiellement de plagioclase, de pyroxène et d'amphibole. Parmi les pyroxènes le clinopyroxène prédomine. Les autres minéraux sont l'olivine, souvent serpentinisée et la magnétite.

Les pyroxènes et les plagioclases sont automorphes, parfois ils sont pegmatitiques.

Ces roches présentent une texture grenue équante à pegmatitique. Ce sont des textures d'adcumulats à hétéradcumulats (Photo 7,8, Planche I-2) où le plagioclase, les pyroxènes forment la phase cumulus et l'olivine, quand elle existe, la magnétite et très rarement le plagioclase, les pyroxènes et l'amphibole xénomorphes sont en phase intercumulus.

Il y a une différence pétrographiques avec les autres roches décrites auparavant, c'est l'absence totale de spinelle. Cette absence de spinelle est souvent singalée dans les pyroxénites ou les premiers gabbros des formations stratiformes (Irvine 1967); Elle peut s'expliquer par des conditions d'équilibre particulière, notamment la température et la fugacité d'oxygène, une réaction péritectique entraînant la disparition du spinelle (Hill et Roeder 1974).

Il semble que l'ordre d'apparition des minéraux dans les gabbros est le suivant : plagioclase ; olivine ; pyroxènes avec une disparition rapide ou cours de la différenciation de l'olivine et également de l'orthopyroxène.

V.1.3. Chimie des minéraux.

V.1.3.1. Le plagioclase.

Le plagioclase est très basique, $An > 80$. Il y a une différence de composition chimique entre le plagioclase des gabbros de Bregu i Bibës, ceux des gabbros filoniens dans la coupe Kam-Helshan et de ceux des gabbros massifs de la coupe de Kam-Helshan. Ces différences sont présentées dans le tableau suivant :

Echantillon	Position	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	CaO	Na ₂ O	An
12	B.B.	45,31	34,98	0,18	17,22	0,77	92,37
34M	K-H	45,62	34,46	0,52	17,81	1,39	87,57
7M	K-H	46,27	34,13	0,17	18,16	1,39	87,81
29M	K-H	47,21	33,59	0,74	16,73	1,90	82,92
116A	Filon K-H	50,26	32,09	0,53	14,25	3,09	71,77

Les autres éléments présentent des teneurs non significatives. Le tableau ci dessus ainsi que le diagramme triangulaire Ab-An-Or (Fig. II.36.) montrent le caractère basique de ces plagioclases mais aussi les différences entre ces trois types d'affleurement de gabbros.

Ainsi, les plagioclases des gabbros de la coupe de Kam-Helshan font la transition entre les plagioclases de Bregu i Bibës et de ceux de gabbros en filon. Les plagioclases des gabbros de Bregu i Bibës sont les plus riches en An. Les plagioclases des gabbros filoniens de la coupe de Kam-Helshan sont les moins riches en An.

Dans le diagramme triangulaire Or-An-Ab (Fig. II.36.) les plagioclases des gabbros de Bregu i Bibës sont des anorthites tandis que les plagioclases de tous les gabbros de la coupe Kam-Helshan sont des bytownites les plagioclases des gabbros massifs étant proches du domaine de l'anorthite.

V.1.3.2. Le clinopyroxène.

La composition chimique des clinopyroxènes présente des caractéristiques pour chaque type d'affleurement des gabbros. Les relations

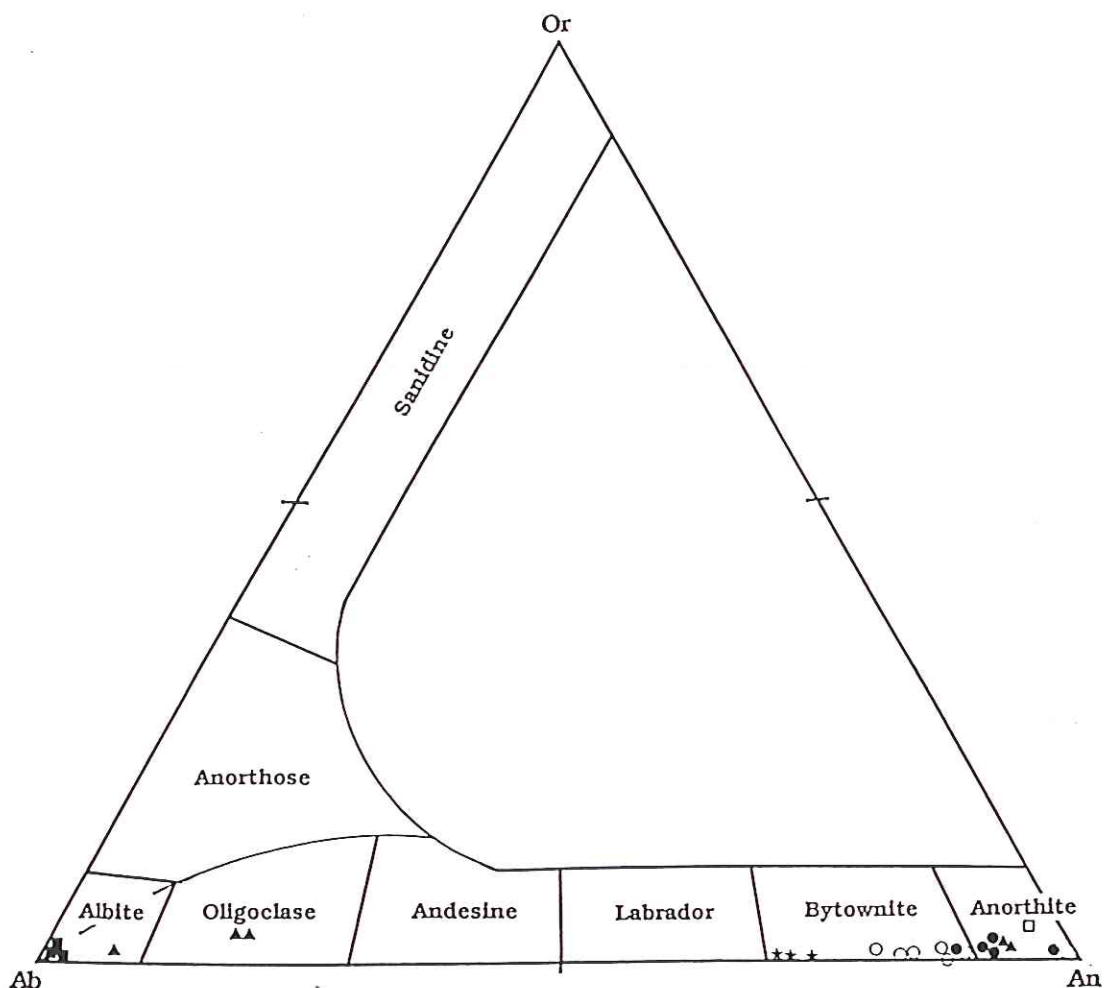


FIGURE II.36. -Compositions des plagioclases dans le diagramme Or-An-Ab. : Cercles noirs, Gabbros (Bregu i Bibës) ; Cercles blancs, Gabbros (Kam-Helshan) ; Carré blanc, Wehrlites ; Triangles noirs, Anorthosites ; Etoiles, Gabbros filoniens ; Carrés noirs, Roches effusives.

entre les teneurs en FeO et en SiO₂ (Fig. II.37. a) présentent une corrélation négative, à l'exception de la composition des pyroxènes des gabbros de Bregu i Bibës.

Les clinopyroxènes des gabbros de la coupe de Kam-Helshan sont les plus riches en FeO, en TiO₂, en MnO, en Na₂O et en CaO (Fig. II.37..a, c, d, e et f), tandis que les clinopyroxènes des gabbros de Bregu i Bibës sont les plus riches en Al₂O₃ (Fig. II.37. b) et les gabbros massifs de la coupe de Kam-Helshan sont les

plus riches en SiO_2 , en MgO et en Cr_2O_3 (Fig. II.37. b, c, d et f).

Dans le diagramme triangulaire Wo-En-Fs ces clinopyroxènes sont principalement des augites (Fig. II.9.) près du domaine salite.

V.1.3.3. L'orthopyroxène.

Les orthopyroxènes n'ont pas été mis en évidence dans les gabbros de Bregu i Bibës, soit qu'ils n'existent pas soit plutôt qu'ils sont altérés en amphiboles qui sont très abondantes.

Pour les gabbros filoniens on dispose d'une seule analyse, là aussi l'amphibolisation est forte.

L'orthopyroxène des gabbronorites filoniens de la coupe de Kam-Helshan est plus riche en FeO , en Al_2O_3 , en TiO_2 , en MnO et en CaO (Fig. II.38.) par rapport à ceux des gabbronorites massifs de Bregu i Bibës. Ceux derniers sont plus riches en SiO_2 et MgO (En).

A noter la corrélation positive entre CaO et FeO (Fig. II.38. e) et négative entre CaO et En (Fig. II.38. f). Les teneurs en Cr_2O_3 sont très faibles. Dans le diagramme triangulaire Wo-En-Fs les orthopyroxènes des gabbros de la coupe de Kam-Helshan sont des hypersthènes (Fig. II.9.).

V.1.3.4. Les amphiboles.

Les amphiboles sont plus abondantes dans les gabbronorites de Bregu i Bibës que dans les gabbronorites de Kam-Helshan.

Dans le diagramme Al^{IV} en fonction de (Na+K) (Fig. II.39.) ces amphiboles se trouvent, en général, entre les domaines de la trémolite et de la hornblende.

V.1.3.5. Les zéolites.

Une zéolite a été analysée dans les gabbros de la coupe de Kam-Helshan, échantillon 116A. La composition chimique de cette zéolite qui est présentée dans le tableau I-39, elle est voisine de celle d'une thomsonite, $\text{NaCa}_2\{(\text{Si},\text{Al})_5\}_2 6\text{H}_2\text{O}$.

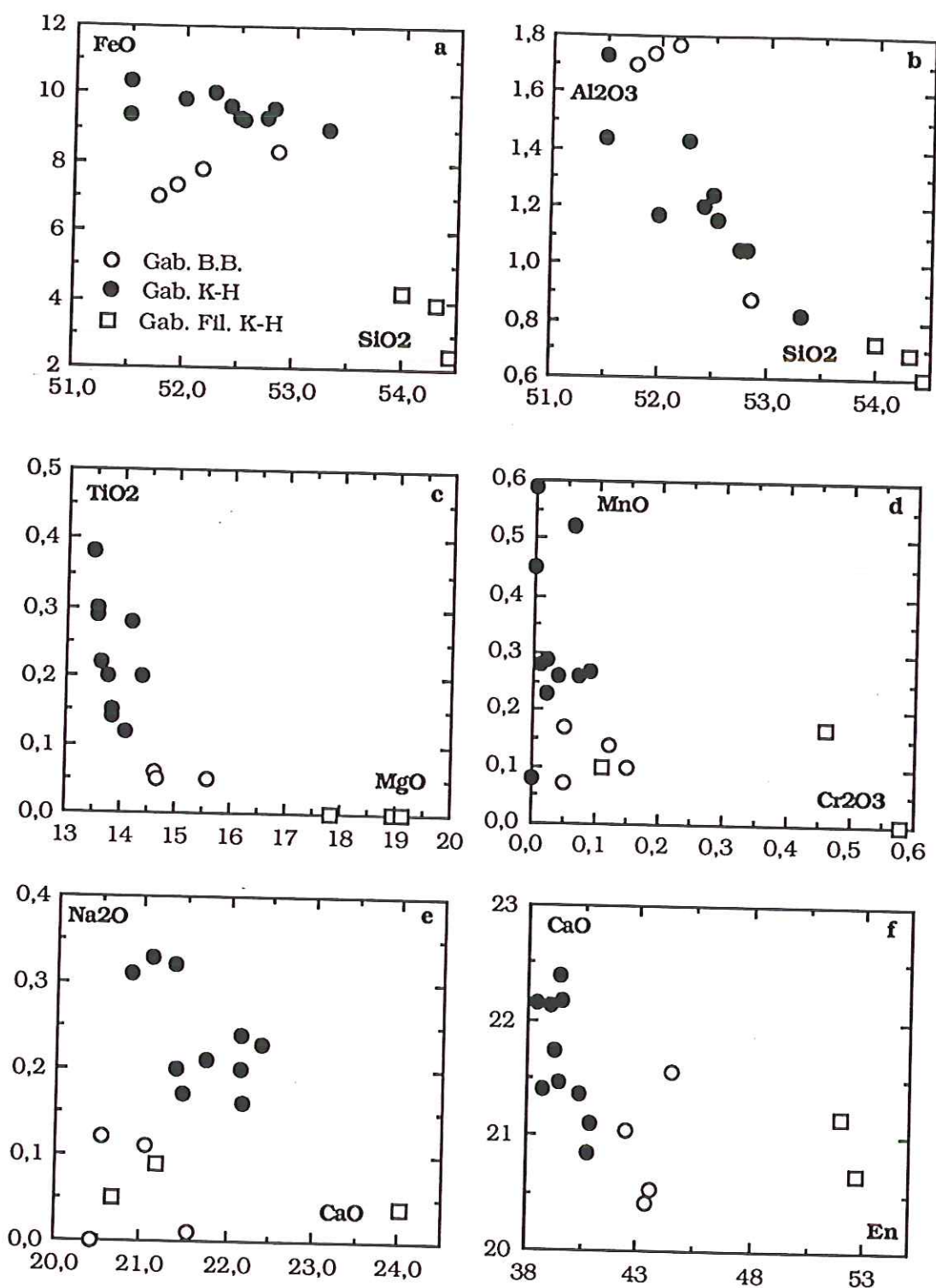


FIGURE II.37. -Différentes corrélations entre les éléments constituant des clinopyroxènes de gabbros du massif de Tropoja : (a) FeO-SiO₂; (b) Al₂O₃-SiO₂; (c) TiO₂-MgO; (d) MnO-Cr₂O₃; (e) Na₂O-CaO et (f) CaO-En. Gab., Gabbro; B.B., Bregu i Bibës; K-H, Kam-Helshan; Fil., Filonten.

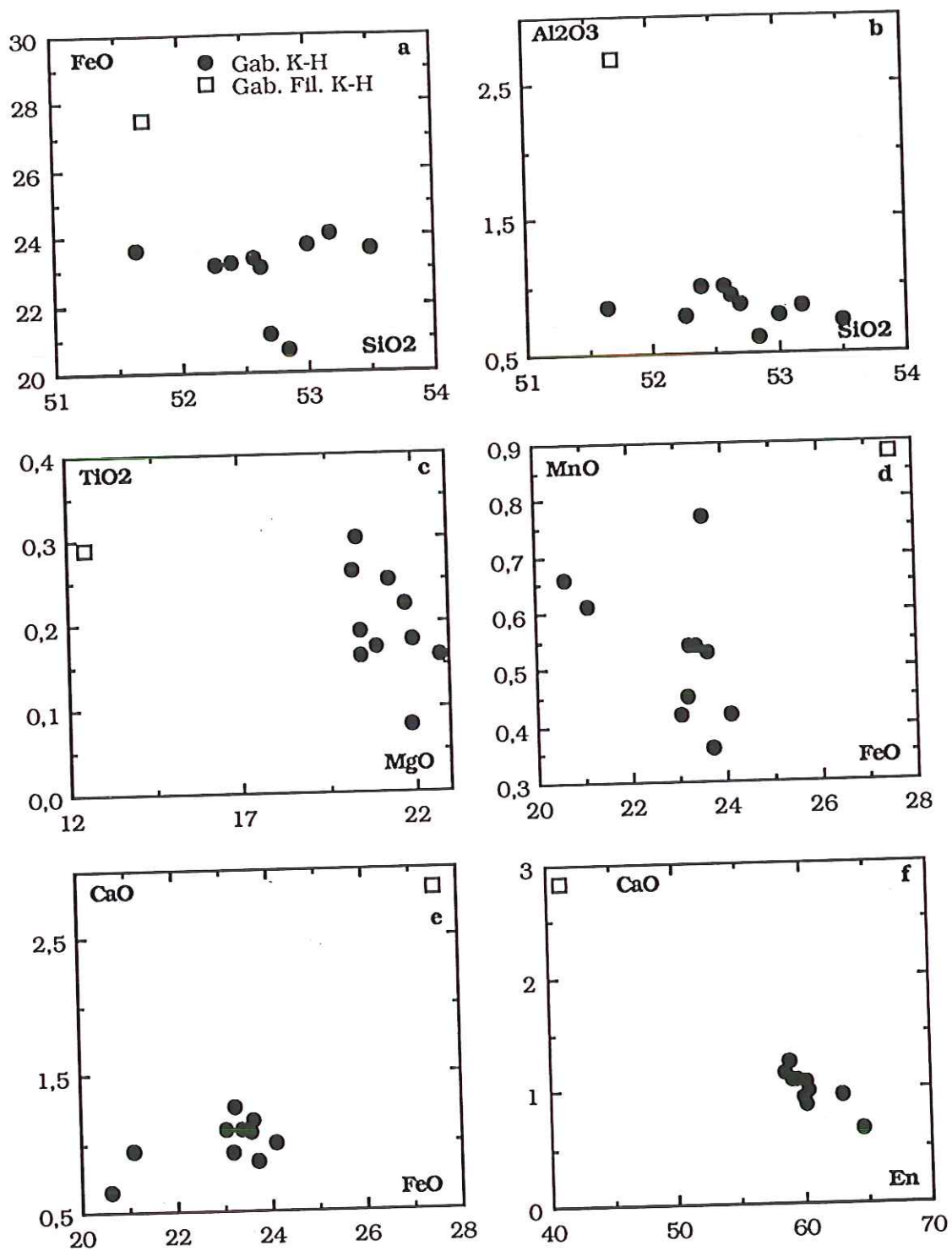


FIGURE II.38. -Différentes corrélations entre les éléments constituant des orthopyroxènes des gabbros du massif de Tropoja : (a) FeO-SiO₂; (b) Al₂O₃-SiO₂ (c) TiO₂-MgO; (d) MnO-FeO; (e) FeO-CaO et (f) CaO-En.

V.1.4. Diagramme de TR.

Les TR ont été analysés pour différents gabbros du massif de Tropoja. Ces TR sont reportées dans le diagramme de la figure II.40. Dans ce même diagramme nous avons aussi reporté les TR d'une wehrlite provenant des roches de la coupe Kam-Helshan. Le diagramme montre :

- que le spectre des TR de la wehrlite présente la même allure que les gabbros ;
- qu'il y a une anomalie positive en Eu ;
- que le spectre pour les autres TR est plus ou moins plat ;
- que l'échantillon 99A, provenant des gabbros de Bregu i Bibës, est plus enrichi en TR légères.

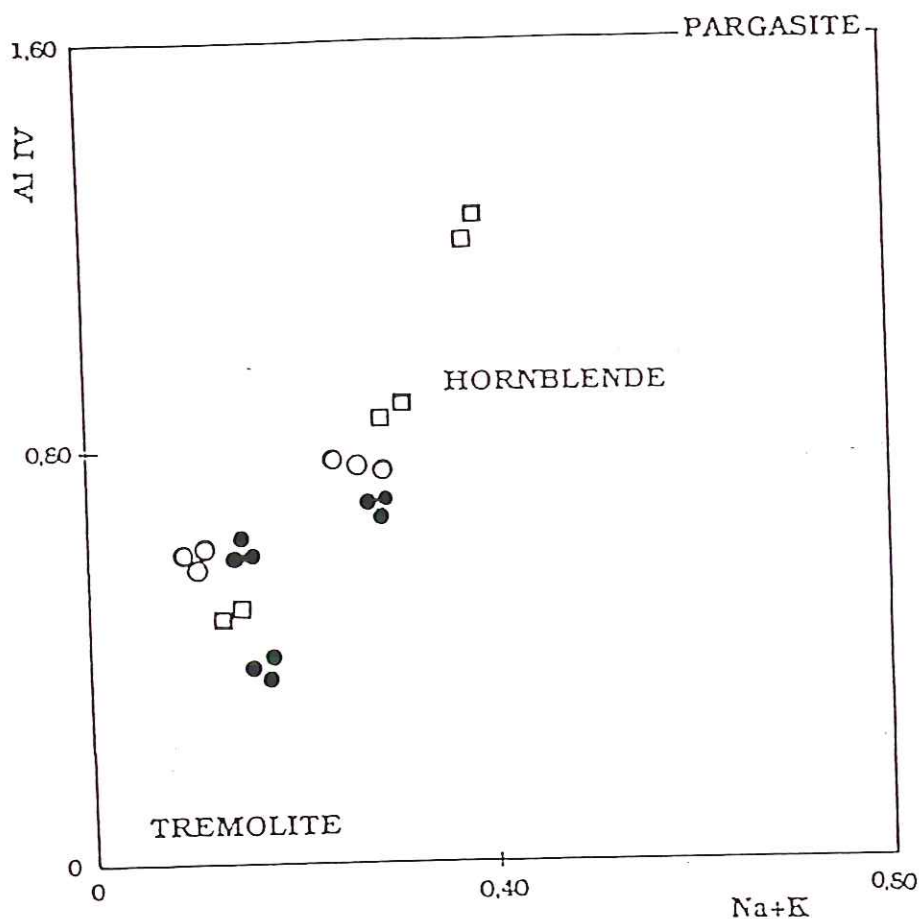
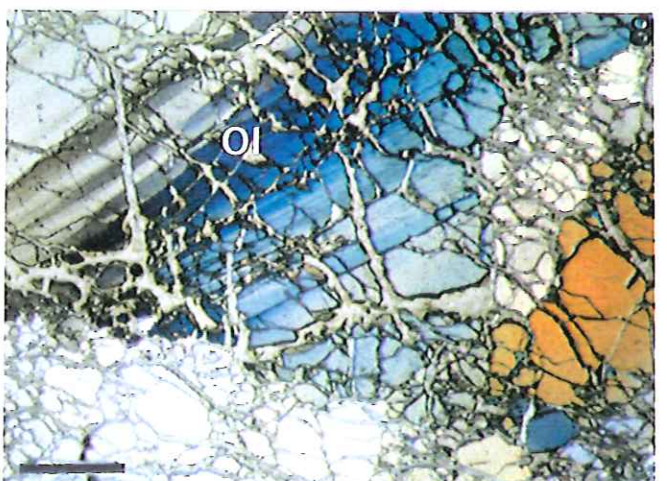
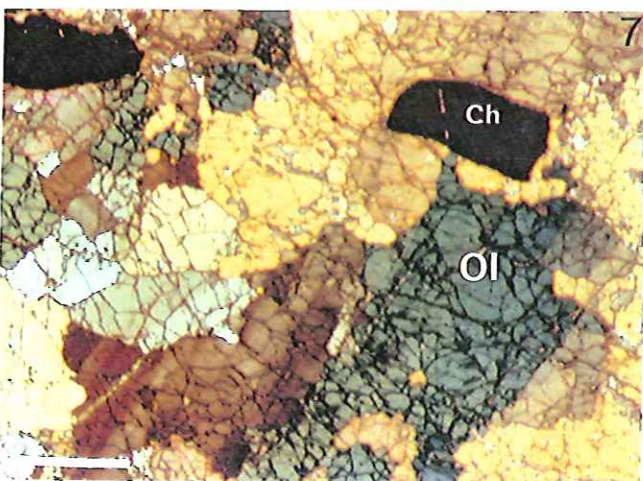
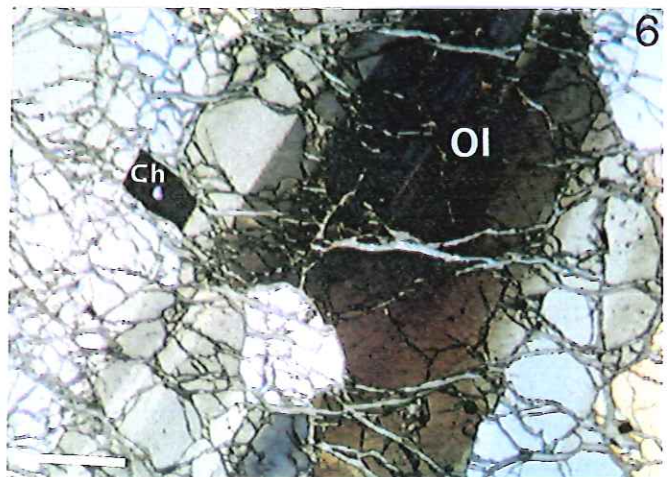
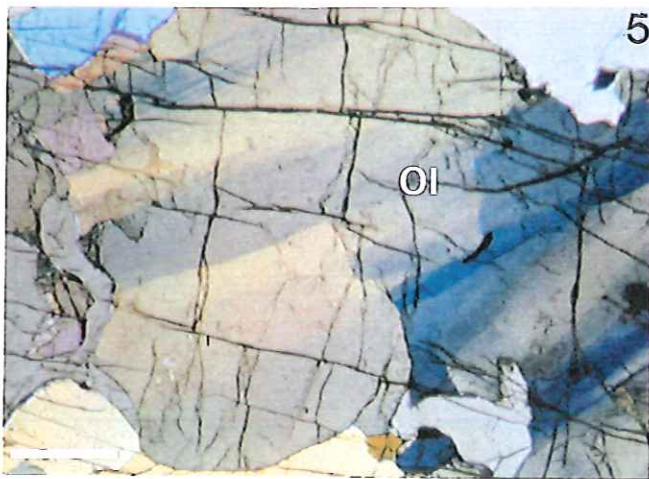
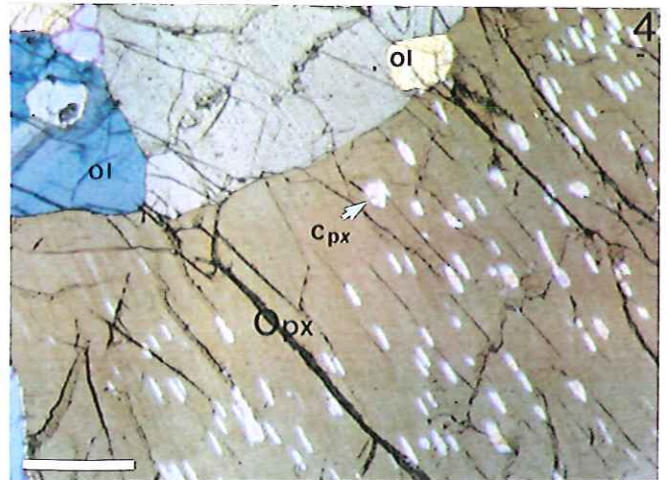
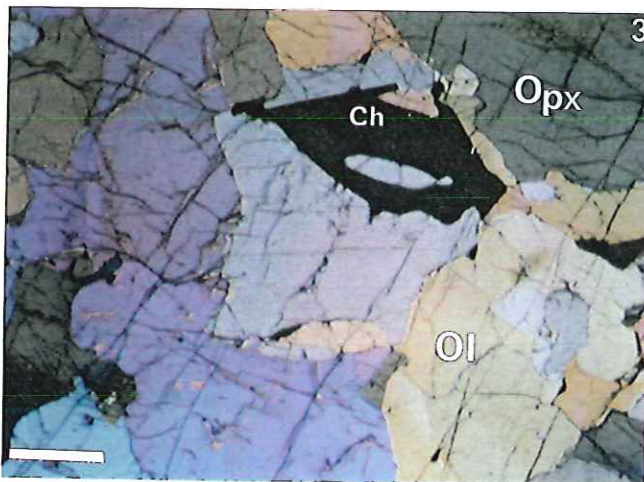
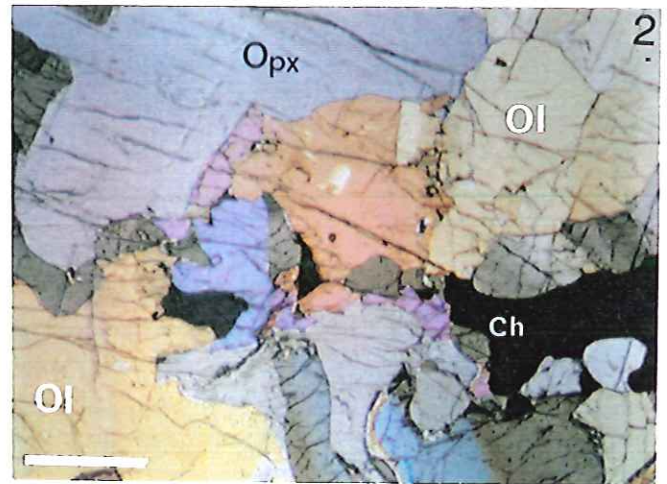
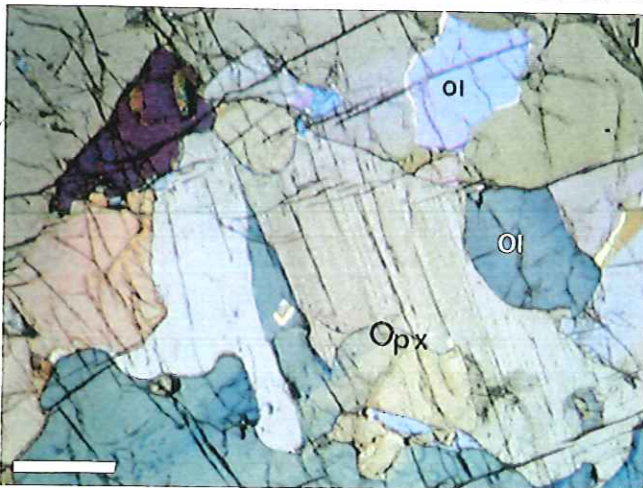


FIGURE II.39. -Amphiboles des gabbros ; Chaque symbole représente un échantillon.

PLANCHE I-1

- Photo 1 - Harzburgite fraîche à texture porphyroclastique. Porphyroclaste d'orthopyroxène (Opx) entouré de néoblastes d'olivine (Ol). Echantillon 259, secteur A du massif, Lumière Polarisée (L.P.), barre = 0,7 mm.
- Photo 2 - Harzburgite fraîche à texture porphyroclastique. Porphyroclastes d'orthopyroxène (Opx) et d'olivine (Ol) entourés de néoblastes d'olivine (Ol). Echantillon 259, L.P., barre = 1,2 mm.
- Photo 3 - Harzburgite fraîche à texture porphyroclastique. Cristal de spinelle amiboïde contenant une inclusion d'olivine. Echantillon 259, L.P., barre = 0,7 mm.
- Photo 4 - Harzburgite fraîche à texture porphyroclastique. Porphyroclaste d'orthopyroxène (Opx) avec des exsolutions de clinopyroxène (Cpx). Les olivines (Ol) forment des néoblastes. Echantillon 259, L.P., barre = 0,9 mm.
- Photo 5 - Harzburgite fraîche à texture porphyroclastique. Porphyroclaste d'olivine (Ol) montrant de fausses macles, qui attestent de sa déformation. Echantillon 259, L.P., barre = 0,5 mm.
- Photo 6 - Dunite fraîche à texture porphyroclastique. Porphyroclaste d'olivine (Ol) déformé (fausses macles) contenant un autre cristal d'olivine. Gran de spinelle accessoire (Ch) automorphe contenant une inclusion d'olivine. Echantillon 16A, L.P., barre = 0,8 mm.
- Photo 7 - Dunite fraîche à texture porphyroclastique. Porphyroclaste d'olivine (Ol) déformé montrant de fausses macles. Les néoblastes sont des olivines automorphes. Cristal de spinelle accessoire (Ch) plus ou moins automorphe. Echantillon 16A, L.P., barre = 0,7 mm.
- Photo 8 - Dunite fraîche à texture porphyroclastique. Deux porphyroclastes d'olivine (Ol) montrant l'un des fausses macles et l'autre non. Echantillon 16A, L.P., barre = 1 mm.

PLANCHE I-1



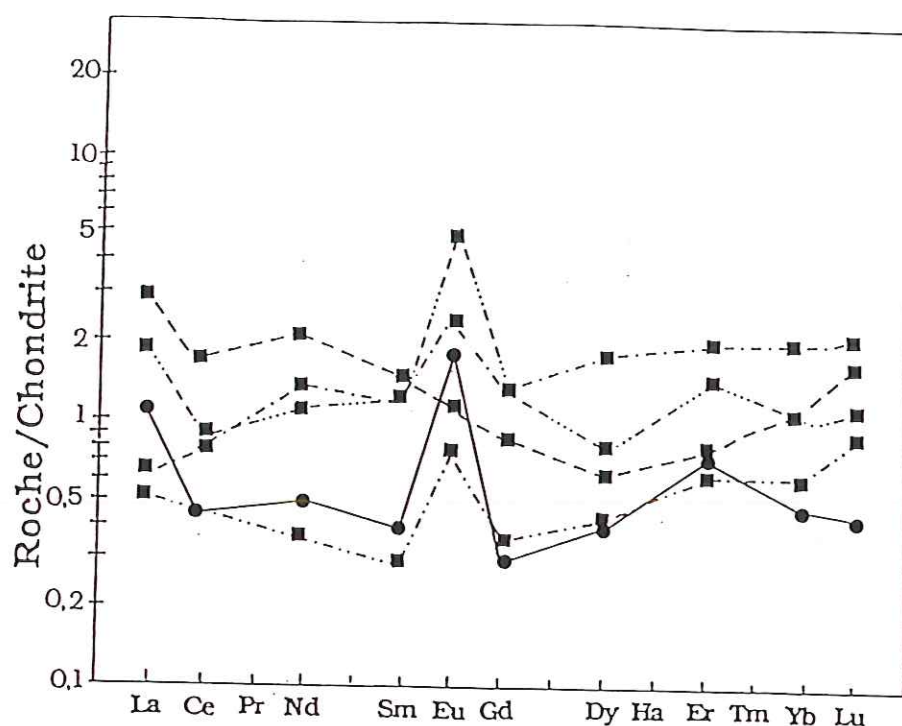


FIGURE II.40. -Diagramme de TR : Cercles, Wehrlites ; Carrés, Gabbros.

V.2. LES ANORTHOSITES.

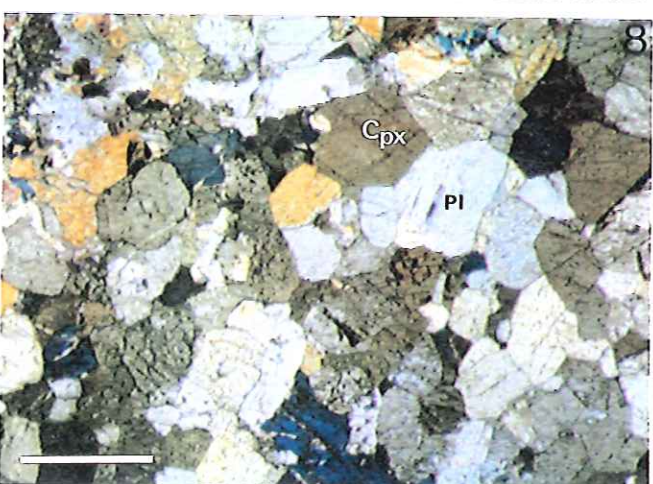
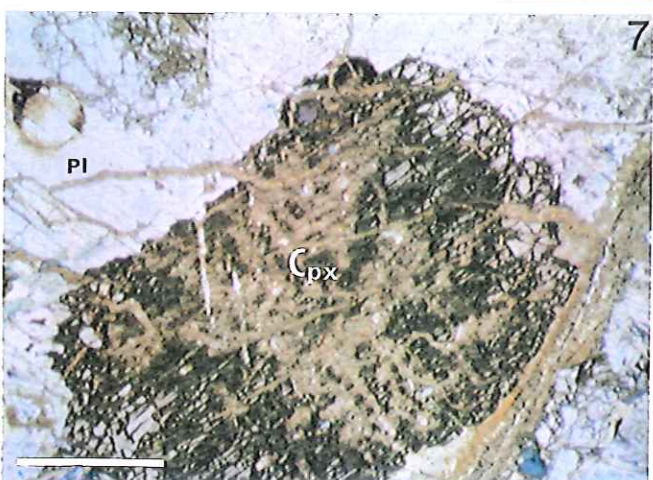
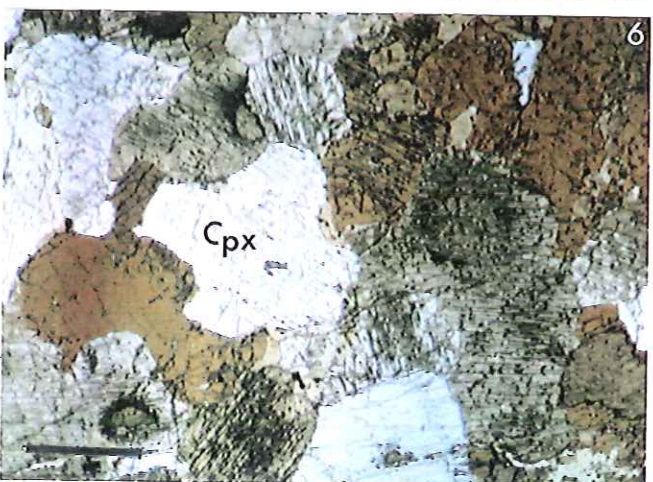
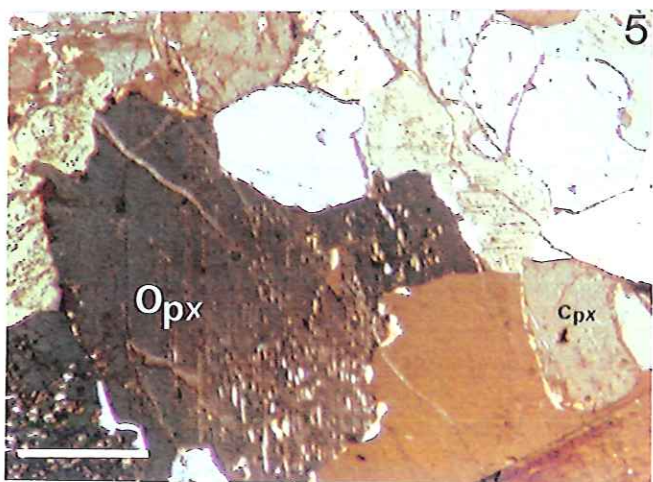
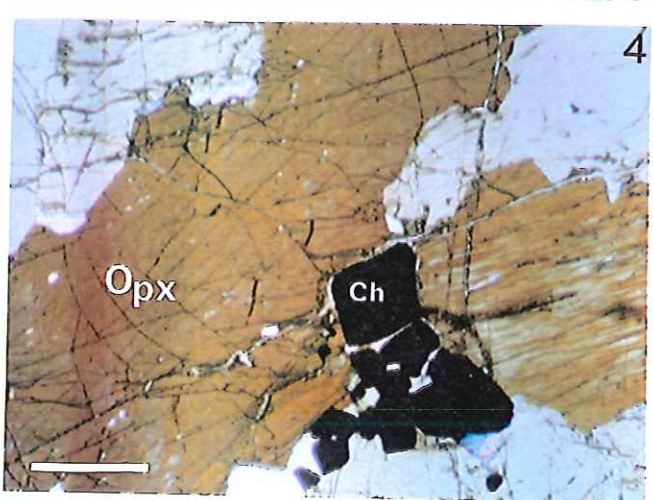
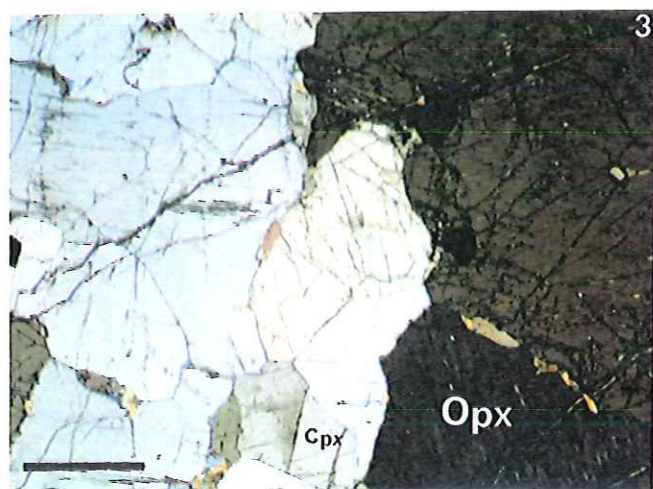
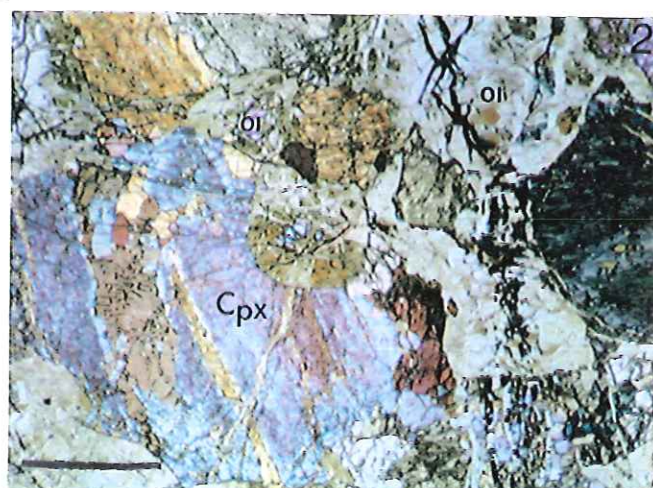
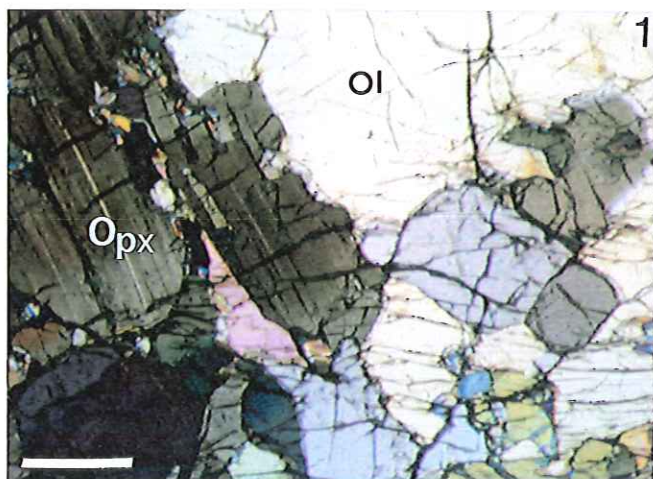
Les anorthosites sont des roches plutoniques connues aussi sous le nom plagioclase ou plagioclase, avec des teneurs en plagioclase supérieures à 90%. Dans notre cas il s'agit d'une anorthosite filonienne recoupant la partie sud du manteau.

Commençant de la base du filon nous avons la succession suivante : spinelle chromifère riche en Al_2O_3 et en MgO , ilmenite riche en MgO (une solution solide entre les pôles $FeTiO_3$ et $MgTiO_3$), rutile (TiO_2) riche en Cr_2O_3 (1,59%), clinopyroxène (diopside) (Fig. II.9.), amphibole (trémolite-hornblende) (Fig. II.17.) et plagioclase (anorthite quand il est frais et albite et oligoclase quand il est altéré). Des cristaux de phlogopite ont été observés dans toute la masse rocheuse.

PLANCHE I-2

- Photo 1 - Harzburgite cumulative fraîche à texture adcumulat. La phase cumulus est composée d'orthopyroxène (Opx) et d'olivine (Ol) tandis que la phase intercumulus est très discrète. Echantillon 14 (Bregu i Bibës), L.P., barre = 0,5 mm.
- Photo 2 - Wehrlite plus ou moins serpentinisée à texture adcumulat-hétéradcumulat. La phase cumulus est constituée de clinopyroxène (Cpx). L'olivine constitue les phases cumulus et intercumulus, mais elle est très serpentinisée. Echantillon 115A (Helshan), L.P., barre = 1 mm.
- Photo 3 - Orthopyroxénite à texture adcumulat. La phase cumulus est surtout constitué d'orthopyroxène (Opx) et très rarement d'olivine (Ol) et/ou de clinopyroxène (Cpx). On observe souvent des points triples à 120°. Echantillon 157, L.P., barre = 1,5 mm.
- Photo 4 - Phenocristal d'orthopyroxène (Opx) avec spinelle spinelle accessoire (Ch) en phase cumulus. Echantillon 157, L.P., barre = 1,5 mm.
- Photo 5 - Exsolution de clinopyroxène dans l'orthopyroxène (Opx). Echantillon 157, L.P., barre = 1,5 mm.
- Photo 6 - Clinopyroxénite à texture adcumulat. La roche est peu altérée. La phase cumulus est essentiellement constituée de clinopyroxène (Cpx) alors que la phase intercumulus est quasi absente. Echantillon 111A, L.P., barre = 1,5 mm.
- Photo 7 - Gabbro pegmatitique. La roche est altérée. Au centre, un cristal de clinopyroxène (Cpx) de grande taille est entouré par de plagioclase. Echantillon 156, L.P., barre = 2 mm.
- Photo 8 - Gabbronorite à texture adcumulat. La phase cumulus est constituée de clinopyroxène (Cpx) et de plagioclase (Pl). Ce dernier est très altéré. Echantillon 118A, L.P., barre = 1 mm.

PLANCHE I-2



CHAPITRE VI

VI. ROCHES EFFUSIVES ET AUTRES ROCHES ASSOCIEES AU COMPLEXE OPHIOLITIQUE, LEUR GEOCHIMIE.

VI.1. INTRODUCTION.

Les roches effusives n'ont pas été étudiées en détail. L'étude pétrographique sera basée sur un metabasalte de la partie Nord-Ouest du massif et une dolérite de la partie Sud du massif.

Dans les bordures du massif affleurent les amphibolites de la semelle du massif et également des granites. Comme les roches effusives, ces roches ne sont également étudiées en détail.

VI.2. Roches effusives. Pétrographie et chimie des minéraux

Les roches effusives affleurent tout au long de la bordure du massif : à partir du Nord (Buçaj-Gegaj), allant vers l'Ouest (Kërnajë-Begaj), Sud-Ouest (Porav-Miliska) jusqu'au Sud (Berishë-Kostur).

Les roches effusives sont des roches homogènes. L'homogénéité de cette famille de roche est soulignée à l'affleurement, mais aussi ce caractère est encore plus frappant en lame mince, tant sur le plan des textures que des paragenèses minérales.

Toutes ces roches se caractérisent par une texture sub-ophitique à intersertale. Cette texture est toujours visible soit à la loupe soit à l'œil nu, surtout sur les surfaces patinées.

On y voit donc des baguettes de plagioclases millimétriques enchevêtrées, dont les espaces interstitiels sont occupés par d'autres minéraux plus ou moins caractéristiques pour chaque type de roches où l'amphibole prédomine.

VI.2.1. Les metabasaltes.

Ces roches affleurent dans la partie Nord, à la bordure du massif. Elles présentent des coulées massives intercalées avec des roches sédimentaires.

C'est une roche sombre, mésocrate à mélanocrate, microlitique à mésostase

peu abondante. Cette roche contient du plagioclase transformé en albite ($Ab > 98$) (Fig. II.36), de l'amphibole évoluant de la pargasite vers la hornblende (Fig. II.41.). Un grenat du type grossulaire ($Gr > 67$) (Tab. I-39) y est observé. On observe également du quartz, des chlorites et de la magnétite.

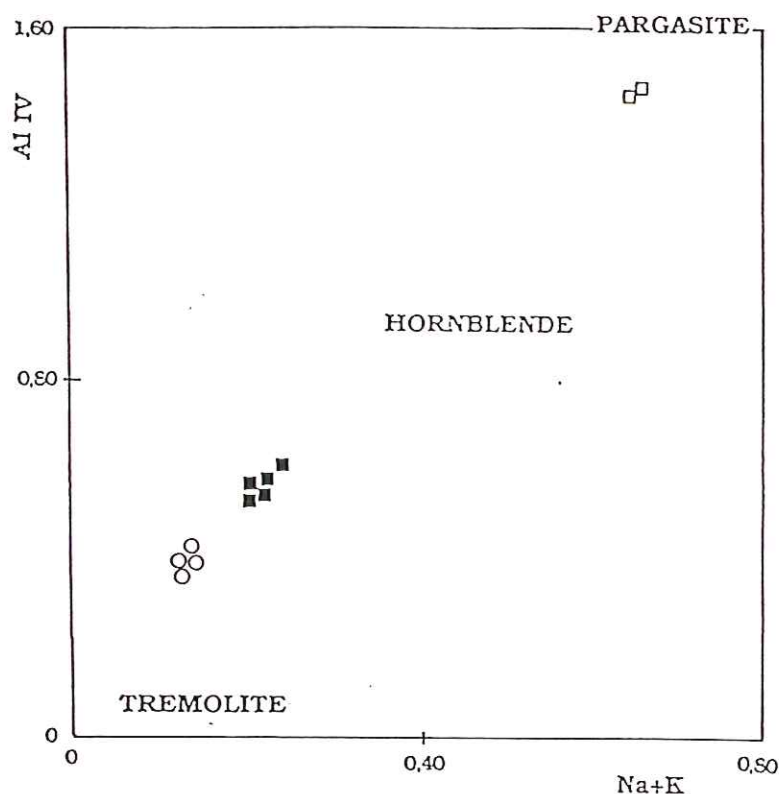


FIGURE II.41. -Amphiboles de différentes roches : Carrés noirs, Dolérites ; Carrés blancs, Métabasalts ; Cercles, Anorthosites.

VI.2.2. Les dolérites.

Les dolérites sont présentes surtout dans la partie Sud du massif. Ces sont des roches massives représentant : soit des coulées, soit des bordures figées ("chilled margin") de la chambre magmatique. Leur couleur est gris-noir, à vert sombre. Ces roches sont en général altérées. Elles forment la transition entre les gabbros grenus et les basaltes. La roche est microlitique à texture ophitique avec des lattes subautomorphes de plagioclase moulées par de l'amphibole interstitielles.

Les dolérites du massif sont principalement constituées d'albite (Ab>97) et d'amphibole à une composition intermédiaire entre la trémolite et la hornblende.

VI.3. AUTRES ROCHES ASSOCIEES AUX COMPLEXE OPHIOLITIQUE.

VI.3.1. Amphibolites.

Les amphibolites affleurent au Nord, Nord-Ouest et au Sud-Est du massif en faisant la semelle métamorphique du massif. Les amphibolites sont des roches à amphibole et plagioclase, issue d'un métamorphisme général, de faciès mésazonal à catazonal, litées à clivage médiocre et texture assez massive. La roche est constituée essentiellement des cristaux d'amphibole plus ou moins ordonnés dans les plans de schistosité, texture granoblastique à cristaux trapus, nématoblastique à cristaux aciculaires. Dans les amphibolites, il y a un peu de quartz, le plagioclase est toujours abondant, parfois groupé en lits donnant à la roche un aspect rubané. L'amphibole est le plus souvent de la hornblende bleu-vert, verte, noir-brune. A la limite inférieure, passage aux prasinites) on note la présence d'albite ou d'oligoclase, et d'épidote, puis on passe à un métamorphisme plus fort, à andesine, grenat de type almandin et diopside.

L'analyse chimique de l'échantillon 175 donne la composition suivante :
SiO₂, 46,23% ; Al₂O₃, 14,51% ; FeO*, 16,75% ; MgO, 7,09% ; Na₂O, 3,21% ; TiO₂ 1,93%
et MnO, 0,21% (Tableau I-40).

VI.3.2. Granites.

L'échantillon 212 analysé, représente un granite du massif granitique de Fierzë, à la bordure Sud-Ouest du massif ophiolitique de Tropoja.

Le granite est une grenue, de teinte claire, blanche, grise, rosée, rouge, voire bleutée, hololeucocrate à leucocrate. Les minéraux constitutifs sont : le quartz xénomorphe interstitiel ; le feldspath alcalin (orthose ou microcline) et le plagioclase (albite-oligoclase) sub-automorphes. Les minéraux secondaires et accessoires sont très variés : micas ; amphibole ; rarement pyroxène ; sphène ;

apatite ; tourmaline et cordiérite.

La composition chimique de cette roche (échantillon 212, Tabl. I-40) est la suivante : SiO_2 , 74,95% ; Al_2O_3 , 11,33% ; FeO^* , 2,51% ; $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$, 9,02% ; CaO , 0,17% ; MgO , 0,47% ; TiO_2 , 0,15%. Cette composition chimique correspond parfaitement avec la composition chimique type des granites.

VI.4. Géochimie des roches.

Afin de caractériser chimiquement ces roches seize analyses de roche totale ont été effectuées; cinq gabbros, huit roches effusives, une anorthosite, une granite et un amphibolite. Ces analyses sont présentées dans le tableau I-40.

Ces analyses ont été effectuées dans les laboratoires de CRPG à Nancy et de l'Université de Clermont Ferrand.

VI.4.1. Variations des éléments.

Les teneurs en SiO_2 sont variables même pour un même type de roche. Ainsi, pour les gabbros les teneurs en SiO_2 varient entre 46 et 55% à l'exception d'un gabbro de Bregu i Bibës qui est un ferrogabbro à magnétite (échantillon 99A). Pour les roches effusives les variations sont encore plus fortes. Les teneurs en SiO_2 varient entre 30 et 70%. La granite contient 74,95% de SiO_2 , l'anorthosite 54,85% et l'amphibolite 46,23%. Les teneurs en Al_2O_3 sont, en général, variables et très élevées, entre 11 et 20%, les gabbros et l'anorthosite étant les plus riches. Les teneurs en TiO_2 oscillent entre 0,09 et 2,75%. Les roches effusives en sont les plus riches.

Les quantités en FeO^* sont toujours élevées. Elles sont comprises entre 5 et 17%, les roches effusives et les amphibolites sont les plus riches. Par contre, les gabbros sont les plus riches en MgO , jusqu'à 10,45%.

Les teneurs en CaO sont très variables, comprises entre 0,17% pour les granites et 20,2% pour les roches effusives.

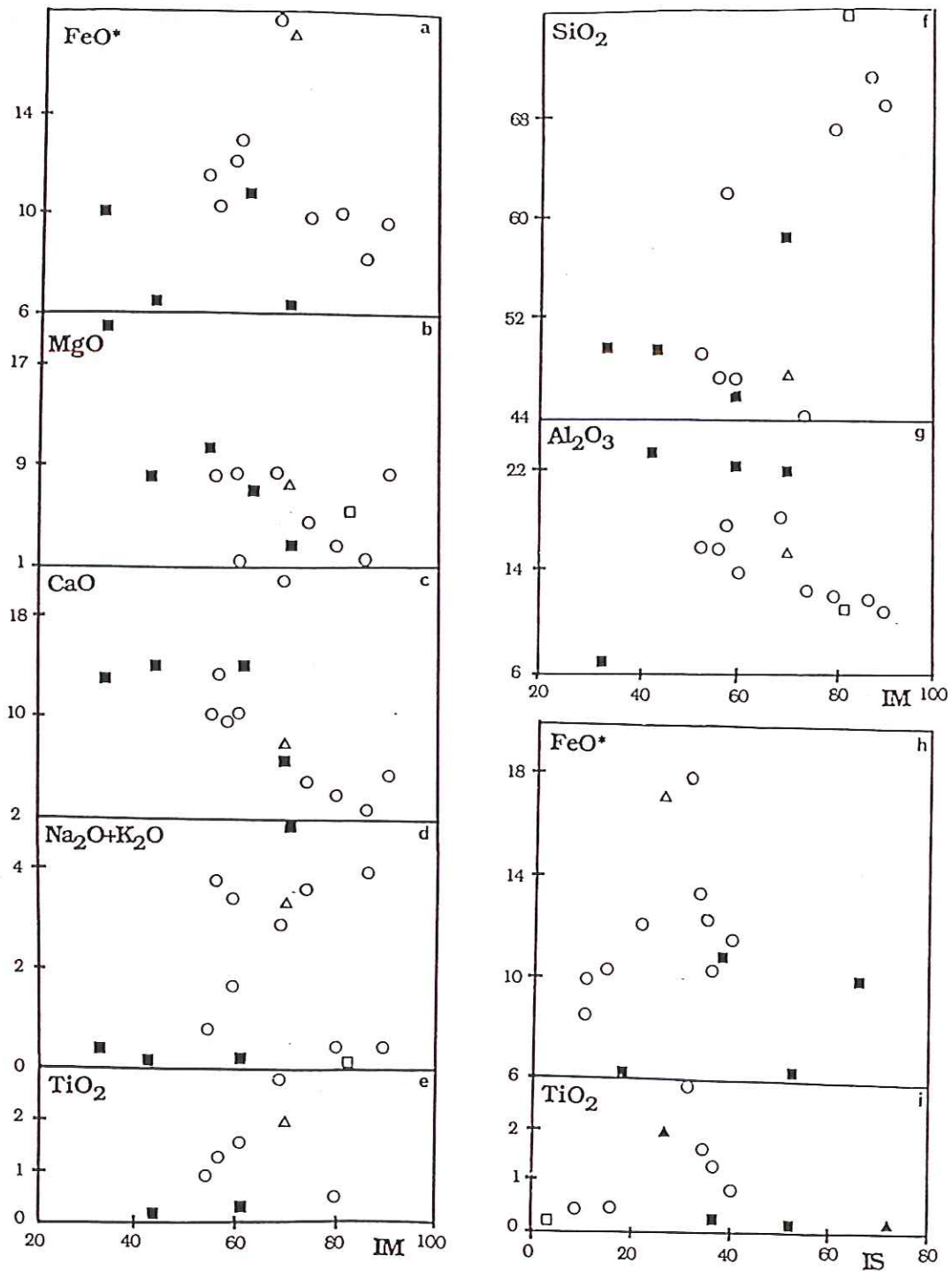


FIGURE II.42. -Variations des éléments majeurs en fonction de l'indice mafique (IM) et de l'indice de solidification (IS).

Le Na_2O est élevé, en raison de la spilitisation de la roche (Ohnenstetter et al. 1975, 1978).

Les teneurs en K_2O sont toujours très faibles, 0,22% maximum, à l'exception des granites où ses teneurs montent jusqu'à 7,2%.

Ces éléments sont reportés dans les diagrammes (Fig. II.42.) % oxydes en fonction de l'indice mafique, IM ($100 \times \text{Fe}^*/(\text{FeO}^* + \text{MgO})$), et de l'indice de solidification, IS ($100 \times \text{MgO}/(\text{FeO}^* + \text{MgO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$).

Ces diagrammes montrent l'enrichissement en FeO^* (Fig. II.42. a,h), en $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ (Fig. II.42. d), en SiO_2 (Fig. II.42. f) et en TiO_2 (Fig. II.42. e, i) des roches effusives par rapport aux autres roches.

VI.4.2. Diagrammes triangulaires.

Dans le diagramme triangulaire A-M-F (Alcalins, MgO , FeO^*) de Nockolds et Allen (1956) (Fig. II.43.) l'ensemble des points s'étire parallèlement au côté MF, à l'exception du granite. Les points sont un peu décalés vers le pôle alcalins par suite d'une altération spilitique. Les gabbros sont plus proches du pôle M.

Dans l'autre diagramme triangulaire, K_2O - Na_2O - CaO , on met en évidence la pauvreté en potasse de ces roches, à l'exception des granites. Par ailleurs, ce diagramme met en évidence les fortes teneurs en CaO des gabbros.

A noter ici l'enrichissement des roches effusives en Na_2O vers le Sud du massif (Fig. I.44.).

VI.4.3. Diagrammes de Miyashiro et de McDonald-Katsura.

Toutes les analyses des roches totales citées ci-dessus sont reportées dans les diagrammes : SiO_2 , FeO^* et TiO_2 en fonction du rapport FeO^*/MgO de Miyashiro (1973) (Fig. II.45. a, b, c, d). Dans ces diagrammes est bien exprimé le caractère tholéitique des roches effusives du massif de Tropoja. Le caractère tholéitique de ces roches est également exprimé dans le diagramme SiO_2 -($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) (Fig. II.45. a) de McDonald et al (1964).

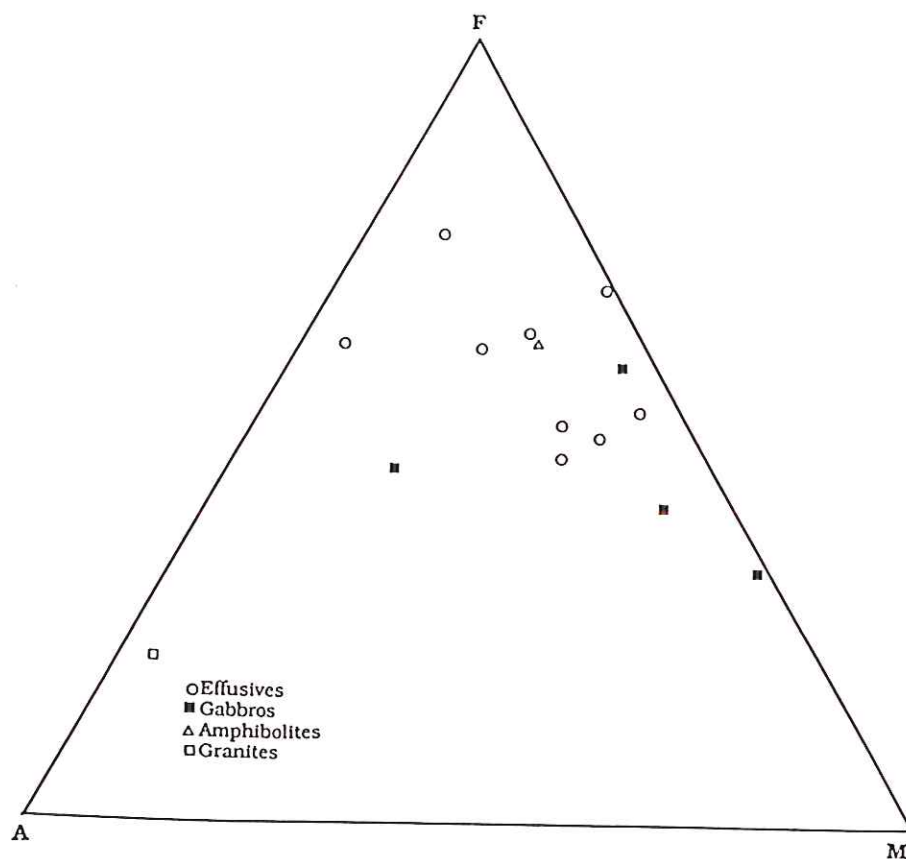


FIGURE II.43. -Projection de différentes roches dans le diagramme AMF.

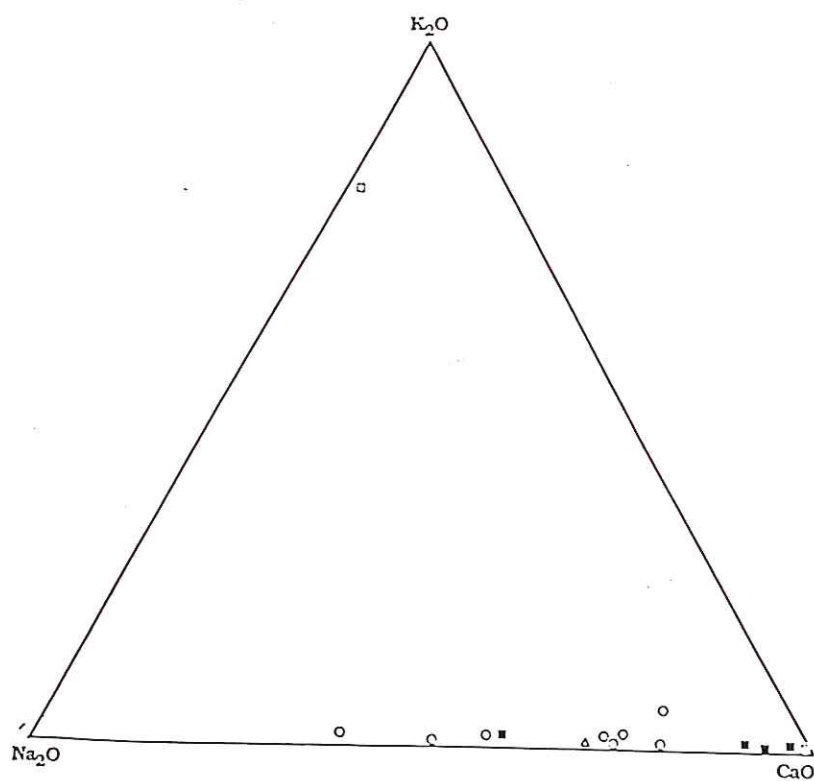


FIGURE II.44. -Projection de différentes roches dans le diagramme K_2O - Na_2O - CaO .
Légende cf. figure II.43.

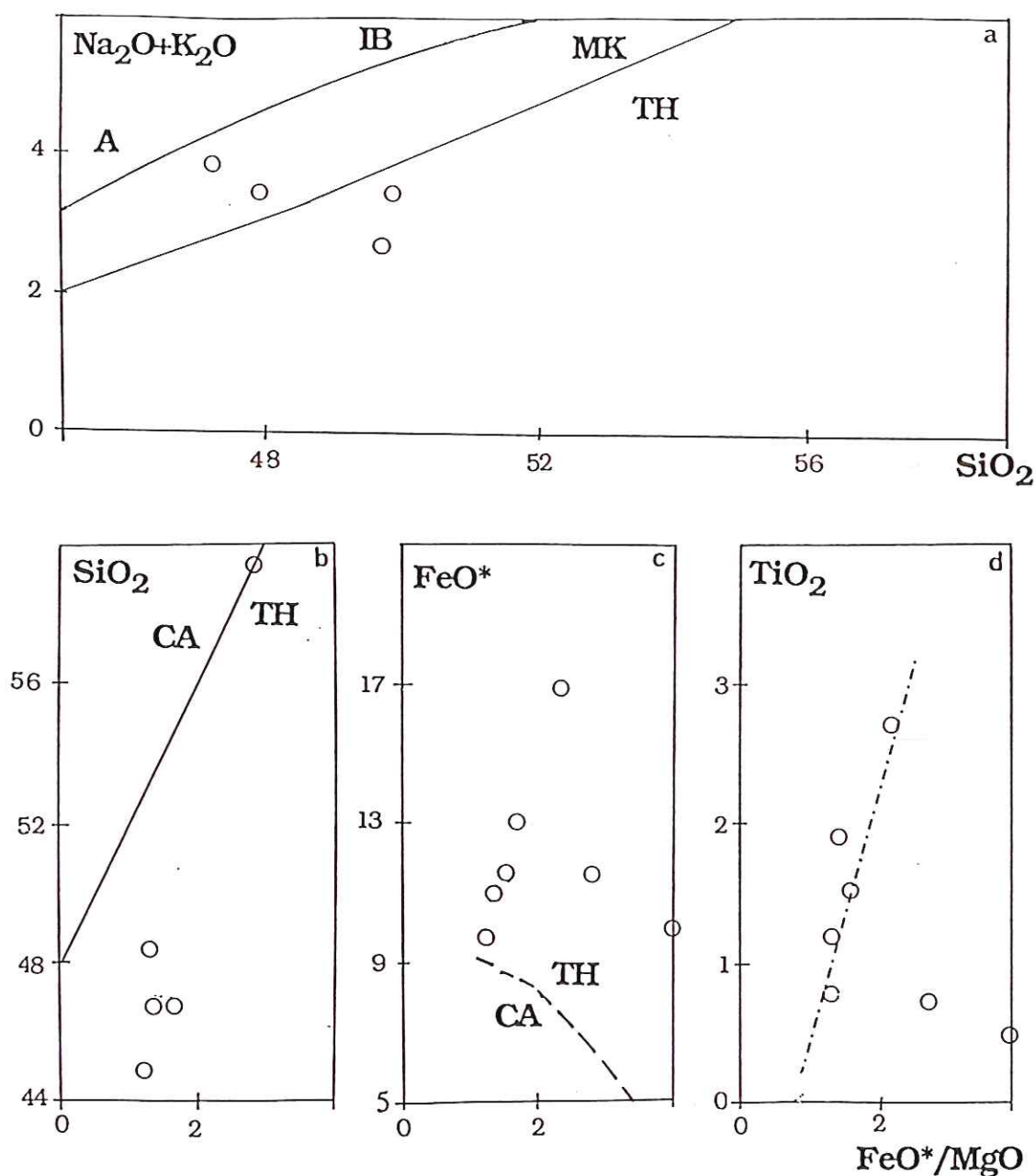


FIGURE II.45. -Diagramme de : (a) McDonalds et Katsura (1964) et (b, c, d) de Miyashiro (1973).

L'ensemble des analyse se reportent dans le champ des tholéites défini par Irvine et Baragar (1971) (Fig. II.45. a), sur le diagramme TAS ("total alkali-silice") de McDonald et Katsura (1964). Les analyses sont dans les deux champs, alcalin et tholéite, si l'on prend en compte la limite définie par ces derniers auteurs. La dérive des points vers le domaine des basaltes alcalins peut être expliquée par les phénomènes de spilitisation de ces laves (enrichissement en Na_2O).

VI.4.4. Diagrammes des éléments en trace.

Il est bien connu que les phénomènes de spilitisation et du métamorphisme remobilisent les éléments alcalins et alcalino-terreux. Les ophiolites sont formées dans un environnement océanique et de ce fait elles sont presque toujours altérées à cause d'une mobilisation secondaire des éléments (Montigny et al. 1973, Allègre et al. 1973, Mevel 1975, Ohnenstetter et al. 1975, Ohnenstetter 1985, Pearce 1975, Beccaluva et al. 1977).

Nous avons sélectionné, les diagrammes de Pearce et al. (1971, 1973), de Pearce (1975), de Beccaluva et al. (1977), d'Ohnenstetter et al. (1977), de Floyd et al. (1975) et de Winchester et al. (1976), faisant intervenir les éléments les moins mobiles lors de l'altération, le Ti, le P, le Cr, le Y, le Zr et le Ni pour caractériser ces roches.

Avec ces éléments, nous avons établi différents diagrammes qui sont présentés dans la figure II.46. Les diagrammes P_2O_5 -Zr et TiO_2 -Zr/ P_2O_5 (Fig. II.46. a et b) confirment l'affinité tholéitique de ces roches. Les variations chimiques des roches basaltiques dans le massif de Tropoja résultent de la cristallisation fractionnée. Le diagramme P_2O_5 -Zr (Fig. II.46. a) montre également une corrélation positive avec une ligne qui passe près de l'origine.

Treuil (1973), Treuil et al. (1975) utilisent le Zr et le P pour caractériser la cristallisation fractionnée. Les teneurs en Zr du magma basaltique primaire est estimée à 50 ppm en se basant sur la distribution de Ni et de Cr lesquels sont fortement incorporés dans la cristallisation précoce des minéraux.

Dans le diagramme Ti/Cr en fonction de Ni (Fig. II.47. b), tiré de Beccaluva et al. (1979) les laves des ophiolites tombent de part à l'autre de la droite empirique qui sépare les tholéïtes d'arc (IAT) des tholéïtes océaniques (OFT). Sur le diagramme de Shervais (1982) les teneurs en V corrélaient positivement avec celle en Ti (Fig. II.47. a).

Beccaluva et al. (1979), Ohnenstetter (1982) notent que de nombreuses ophiolites possèdent des caractères de tholéïtes d'arc. Les laves les plus jeunes sont appauvries en éléments incompatibles et souvent picritiques. La genèse des laves ophiolitiques serait alors expliquée par une fusion à plusieurs stades (Smewing et al. 1976) avec des magmas qui évoluent dans le temps (Beccaluva et al. 1979, Baroz et al. 1982, Ohnenstetter 1982).

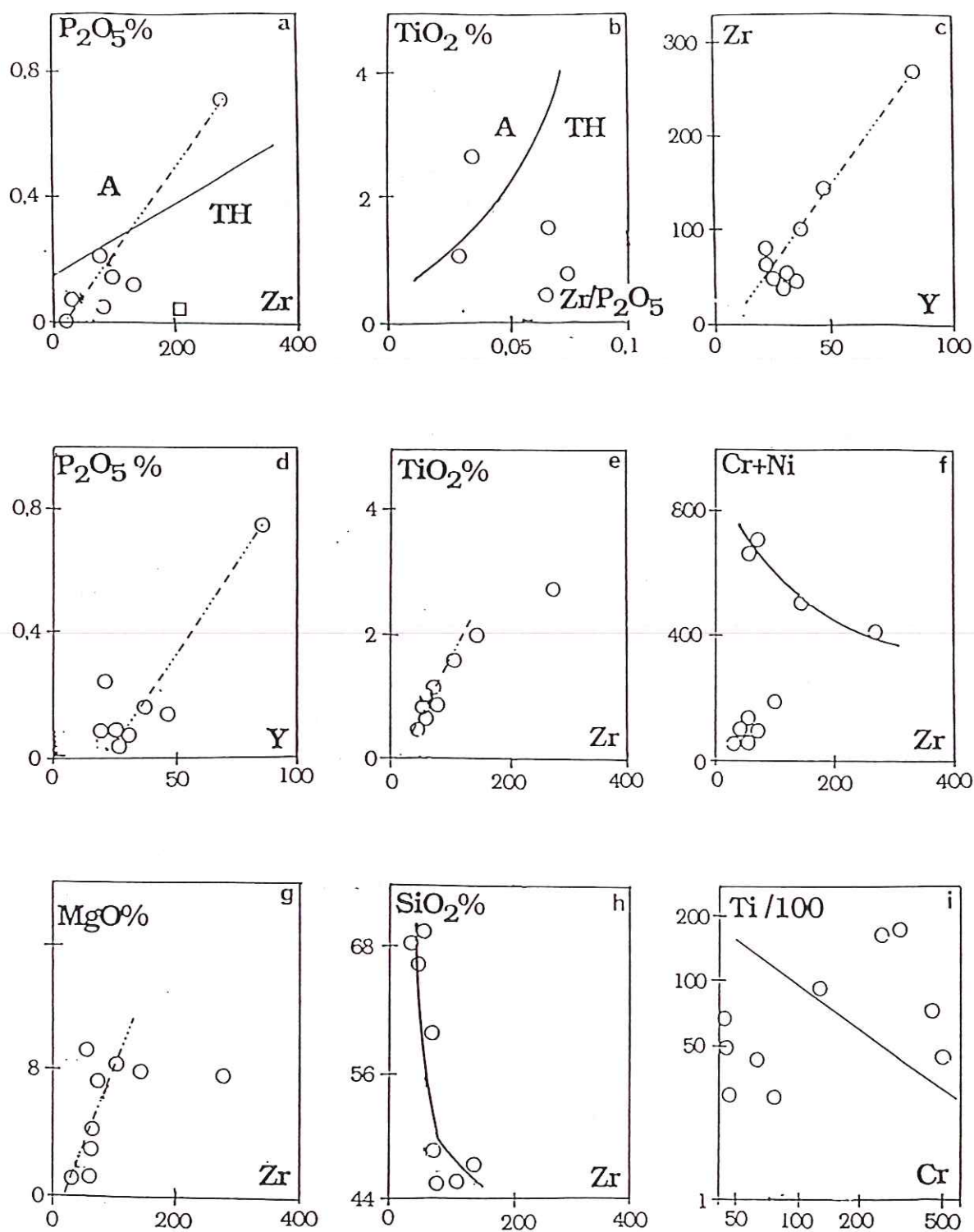


FIGURE II.46. -Différents diagrammes des éléments en trace.

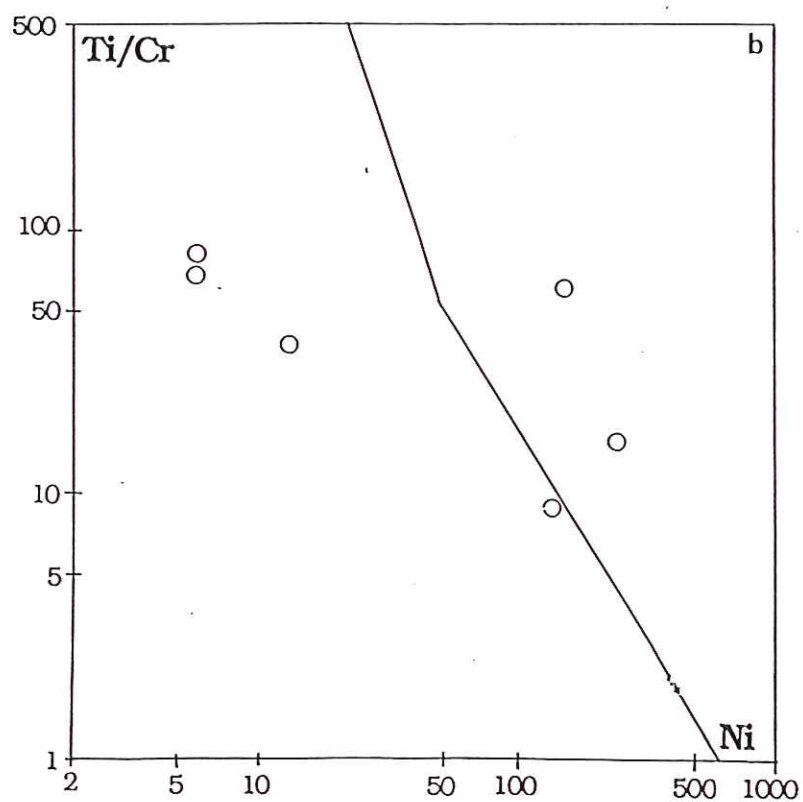
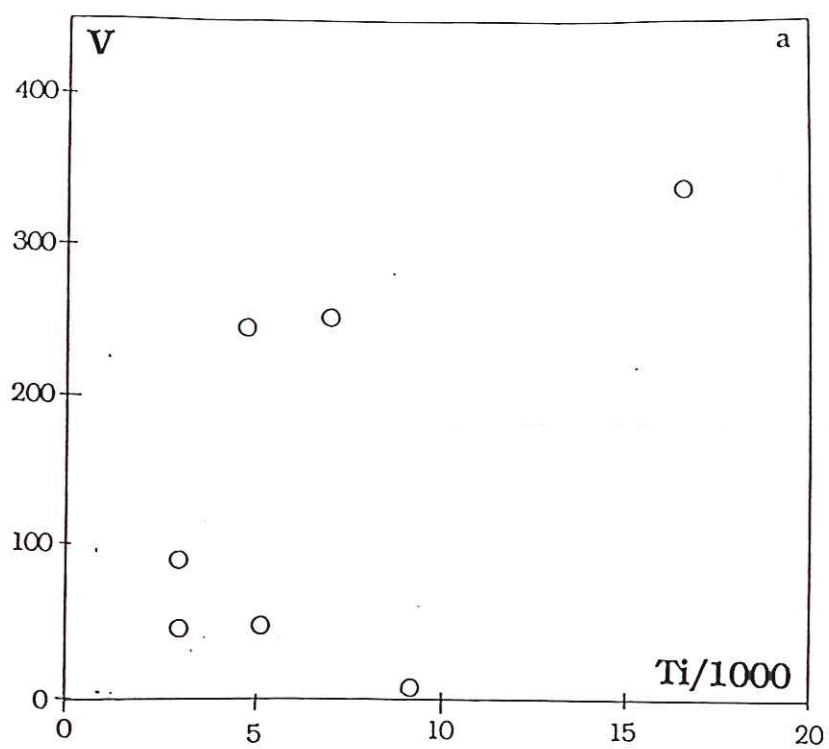


FIGURE II.47. -Diagrammes : (a) de corrélations V-Ti/100 et (b) Ti/Cr-Ni de Beccaluva et al. (1979) qui separe les tholéïtes d'arc (LAT) des tholéïtes océaniques (OFT).

Pour conclure, la répartition des éléments en trace des roches basaltiques du massif de Tropoja confirme leur caractère tholéïtique.

Dans les ophiolites de Méditerranée Orientale, les laves et les andésites riches en Mg possèdent un rapport Ti/V impliquant une formation près d'une plaque convergente Shervais (1982).

VI.5. Diagramme de TR.

VI.5.1. Roches effusives et amphibolites.

Les TR de dix échantillons représentant des roches effusives du massif ont été analysés et reportés sur le diagramme de la figure II.48. Les TR d'une amphibolite provenant de la partie Nord du massif y sont également reportés.

Ce que l'on peut tirer de ce diagramme c'est :

- qu'il y a deux roches effusives provenant de la partie Nord du massif dont les spectres des TR sont différents des autres roches effusives, peut être ces roches ne représentent probablement pas de laves ophiolitiques.
- que les autres roches effusives présentent des spectre semblables à ceux des effusives ophiolitiques connus donc, légers enrichissement en TR légères par rapport aux TR lourdes ;
- que le spectre des TR de l'amphibolite présente la même allure que les roches effusives en étant un peu plus enrichi en TR que les roches effusives d'allure normale.

VI.5.2. Anorthosites et granites.

Dans le diagramme (Fig. II.49.) ont été reporté les TR d'un granite, provenant d'un petit massif à l'Ouest du massif (carré blanc), et d'une anorthosite filonienne dans le manteau (triangle noir). Les allures des spectres de ces sont semblables.

Il y a donc une forte anomalie négative en Eu et une pente négative pour les TR, enrichissement en TR légères par rapport aux TR lourdes pour le granite et une légère anomalie négative en Eu pour l'anorthosite. Le granite est beaucoup plus riche en tous les TR que l'anorthosite.

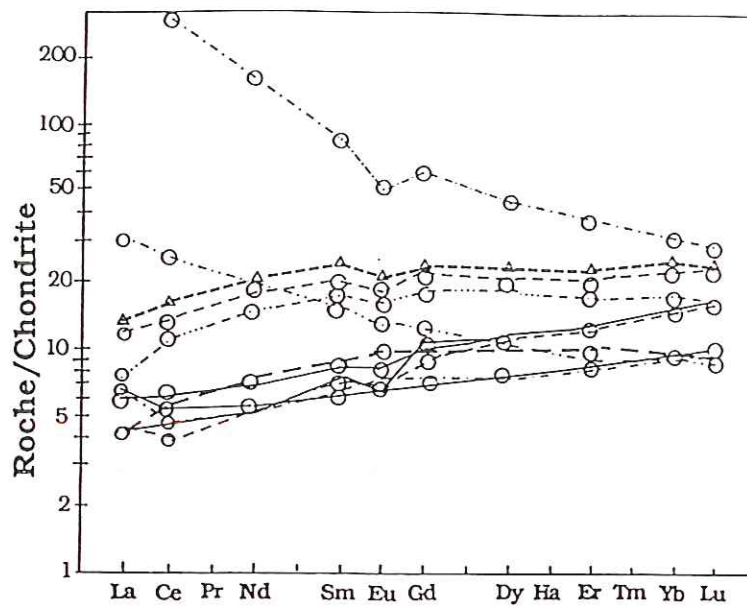


FIGURE II.48. -Diagramme de TR : Cercles, Roches effusives ; Triangle, Amphibolites.

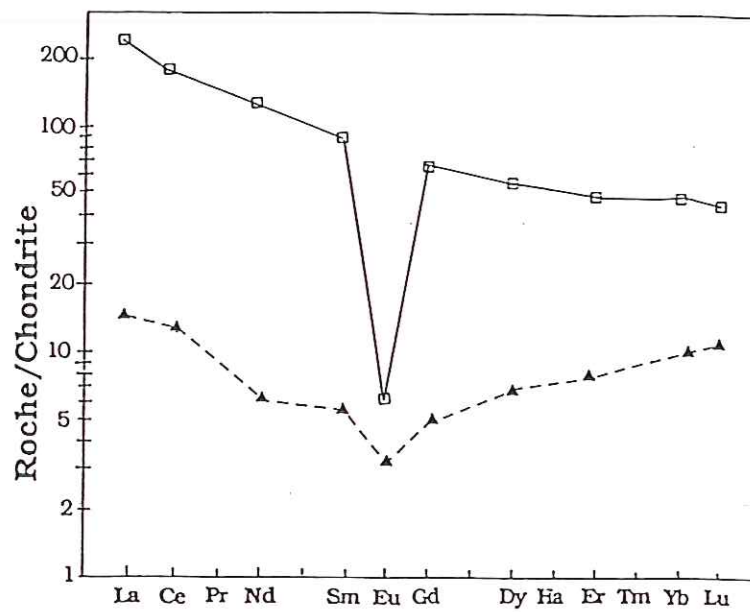


FIGURE II.49 -Diagramme de TR : Carrés, Granites ; Triangle, Anorthosites.

B. MINERALISATION CHROMIFERE.

CHAPITRE I.

I. CARACTERISTIQUES DES GISEMENTS PODIFORMES.

I.1. Généralités

A la suite des travaux de Thayer (1960), on distingue deux grands types de gisements de chromite :

- Les gisements situés dans les complexes stratiformes de type Bushveld, Stillwater, où la chromite forme des couches de très grande extension que l'on peut suivre sur plusieurs km, et dont l'épaisseur moyenne est de 1,5 m. Ces couches parallèles au rubanement occupent des positions "stratigraphiques" déterminées. Elles sont constituées en grande partie de cristaux automorphes de chromite dont la taille moyenne n'excède pas 1mm et qui s'organisent souvent en un réseau maillé (mesh texture). Les couches ne sont pas déformées et ne montrent jamais des textures orbiculaires ou nodulaires. Les gangues sont surtout riches en pyroxène (bronzite) (Kuschke, 1940; Jackson, 1961) et/ou en olivine comme dans le complexe du Stillwater ou en plagioclase comme dans le complexe du Bushveld.

- Les gisements situés dans les complexes ultrabasiques du type alpin tels ceux de Cuba, des Philippines, de Turquie, des Coast Ranges aux U.S.A., des Dinarides, des Albanides, du Vourinos et de Nouvelle Calédonie, etc... présentent des caractéristiques très différentes de celles du premier type. Les gisements, dispersés au sein des péridotites sont des fois localisés près des ensembles gabbroïques (Cassard 1980). Les corps minéralisés, dont les formes sont variables et d'extension limitée, peuvent être parallèles ou sécants par rapport aux structures des roches encaissantes. Les gangues sont le plus souvent de nature dunitique, voire troctolitique. Le minerai peut présenter des textures orbiculaires et nodulaires du type de celles décrites par Johnston (1936), les premières étant plus rares que les secondes. Le minerai est fréquemment très déformé et étiré: texture de "pull-apart" avec linéation bien marquée. Les grains de chromite sont généralement xénomorphes et de taille variable (en

moyenne de 1 à 5 mm). Ils peuvent atteindre parfois 10 à 15 cm dans le minéral massif. Les corps minéralisés offrant ces caractéristiques ont été appelés "podiformes" par Thayer (1964) à cause de la similitude de forme que présentent certains d'entre eux avec des gousses ("podes").

Cependant, Jackson et Thayer (1972), Bingoël (1978), Rahgoshay et al. (1980) et Connard (1980) nous montrent que des gisements d'allure stratiforme peuvent également apparaître au sein des complexes ultrabasiques de type alpin. Dans ce cas, les gisements sont associés à la séquence des cumulats.

Les gisements de chromite dans le massif de Tropoja sont typiquement podiformes, à l'exception de quelques gisements d'intérêt économique situés dans des zones dunitiques et qui évoquent des gisements stratiformes.

I.2. Caractéristiques des gisements podiformes.

Les caractéristiques des gisements podiformes sont tirées de Sampson (1942), Thayer (1956; 1962; 1964), Cassard (1980) et Al Azri (1986). Elles peuvent être retrouvées dans le massif de Tropoja.

Parmi les caractéristiques des gisements de chromite podiformes, deux sont particulièrement importantes.

1-Leur forme et leur taille sont extrêmement variables. Sampson (1942) répartit les gisements en cinq catégories : diffus, rubanés, en schlieren, en forme de sac et "fissure forme", sans toutefois faire de distinction claire entre gisements stratiformes et podiformes .

La classification de Thayer (1962) rend assez bien compte de cette grande distinction :

- a -Les gisements tabulaires de grande taille, qui possèdent des dimensions dont la largeur fait dix fois ou plus l'épaisseur. Il propose deux sous-types en fonction du type du minéral: un sous-types à minéral massif qui correspond au type "fissure forme" de Sampson (1942) et un sous-type à minéral disséminé équivalent du type en schlieren.
- b -Les gisements tabulaires discontinus, constitués par des séries de

lentilles aplaties situées dans des zones dunitiques plus ou moins bien définies.

- c -Les gisements fusiformes, qui présentent un axe de fuseau beaucoup plus grand que les deux autres. Thayer (1964 a) pour décrire ces gisements utilise le qualificatif de "en crayon".
- d -Les gisements irréguliers, regroupent les gisements de forme complexe, souvent amiboïde, aux dimensions extrêmement variables.
- e -Les gisements plissés isoclinalement et discordants. Ce cinquième type de gisements est très rare dans le massif de Tropoja (Neziraj 1989). Ce type de gisement rencontre aussi Ohnenstetter (1985) en Oman.

2.- Leur répartition. Bien que les gisements soient localisés en général dans la zone de transition à la limite harzburgite-dunite, leur répartition apparaît, dans le détail, assez aléatoire. Par exemple, Hawkes et al. (1942), Wells et al. (1940,1949) trouvent que certains gisements de la côte ouest des U.S.A. sont localisés uniquement dans des zones dunitiques, Ryncasson et Wells (1944) les situent dans les harzburgites; Thayer (1956) les trouve éparpillés au hasard dans les péridotites. Il ajoute que des gisement parfois de grande taille, sont totalement isolés (Thayer 1964).

Ces exemples soulignent que la répartition des gisements de chromite est relativement indépendante de la lithologie de l'encaissant immédiat.

I.3. Classification structurale des gisements podiformes.

La classification structurale des gisements a été établie en considérant la disposition de l'enveloppe du corps minéralisé et l'agencement des structures internes (rubanement, foliation et linéation) dans le minerai et les épontes dunitiques par rapport à la structure de la péridotite encaissante.

Pour décrire les relations structurales entre les gisements et leur encaissant on utilise une terminologie qui s'inspire largement de celle proposée par Cloos (1928) pour les plutons et les enclaves qu'ils renferment. Cette terminologie s'avère, comme le remarquent Thayer (1964) et Cassard (1980), particulièrement bien adaptée aux gisements de chromite podiformes. Elle est la suivante :

1 -Selon les relations entre le contact et la structure des roches encaissantes on a des gisements :

- a. concordants; le contact est parallèle à la foliation du manteau encaissant.
- b. accordants ou sub-concordant les azimut du contact et de la foliation de l'encaissant sont parallèle, mais les pendages sont différents. On préfère maintenant le terme "sub-concordant" à la place du terme "accordant", car les gisements de ce type ont des caractéristiques assez proches de celles des gisements concordants.
- c. discordants; le contact est sécant en direction et pendage sur la foliation.

2 -Selon les relations entre les structures internes du minéral et le contact on trouve des gisements:

- a. conforme; avec foliation et rubanement parallèles au contact,
- b. non conforme; sécant sur le contact.

3- Selon les relations entre les structures internes et celles des roches encaissantes on distingue des gisements:

- a. en harmonie; avec les structures internes du gisement et de l'encaissant parallèles,
- b. en disharmonie; avec les structures internes du gisement sécantes par rapport à celles de l'encaissant.

Wells et al. (1949), Routhier (1953) ont clairement montré que la forme, la structure et l'orientation des gisements sont sans doute en relation avec le développement des structures de "fluage" dans les péridotites encaissantes. Thayer (1961,1962,1964) propose une classification structurale reprise par Cassard (1980). Il distingue :

- Des gisements concordants de forme tabulaire ou en "crayon" qui sont orientés parallèlement au litage, avec allongement du gisement parallèle à la

linéation des péridotites. Dans les gisements tabulaires, les structures planaires (foliation et rubanement) du minerai qui sont généralement parallèle à l'allongement du corps minéralisé sont donc en harmonie avec la structure planaire des péridotites. Les gisements "en crayon" sont parallèles à la linéation, dont l'orientation permet de comprendre la disposition du corps minéralisé.

-Des gisements subconcordants. Leur forme bien plus irrégulière que celle des gisements concordants est également tabulaire. Les corps minéralisés et ses structures internes font un angle faible, inférieur ou égal à 25° en direction et/ou en pendage avec les structures des éponges dunitiques et celles des péridotites encaissantes. Localement, les structures peuvent être parallèle. Cette définition de Cassard (1980) diffère donc de celle du type accordant de Cloos (1928) où seuls les pendages sont sécants. Cassard (1980) fixe l'angle 25° comme la limite supérieure de la discordance angulaire pour deux raisons principales :

-(a) pour permettre la définition d'une catégorie de gisements aux caractéristiques assez homogènes et ;

-(b) pour que ces caractéristiques correspondent à une coupure naturelle, il y a peu de gisements recoupant les structures des roches encaissantes selon des angles compris entre 25° et 35° .

Les linéations des roches encaissantes indiquent, comme pour les gisements concordants, la direction d'extension des corps minéralisés. Elles peuvent être différentes de celles du minerai qui suivent les changements d'attitude de l'amas minéralisé.

-Des gisements discordants ("crosswise") qui recoupent le litage des péridotites ainsi que leur linéation. La linéation et les structures planaires du minerai, quand elles sont exprimées, peuvent être parallèles aux structures des roches encaissantes. Rossello (1962,1964), précise que la linéation interne coïncide avec le pitch du gisement. Les corps minéralisés peuvent être tabulaires, mais leur forme est assez souvent irrégulière.

Cette classification est la première classification synthétique et homogène des gisements de chromite podiforme. Elle élimine les difficultés et les contradictions des classifications antérieures génético-morphologiques du type

de celle proposée par Petracheck (1957). Elle a par ailleurs le mérite de pouvoir être utilisée pour la prospection et l'exploitation. En ce qui concerne la définition du type discordant, elle reste assez imprécise parce que elle est basée uniquement sur l'étude d'une trop petite quantité de gisements tel celui de Zambales aux Philippines (Rossman, 1959; Cassard, 1980).

I.4. Textures des chromitites.

Les gisements de chromite présentent plusieurs variétés ou types de minéral :

1- Le minéral à texture massive. Ici le minéral occupe la plus grande partie de la roche et la gangue n'occupe qu'un volume insignifiant, sa présence se limitant souvent aux petites fractures de "pull-apart" qui peuvent affecter le minéral. Celles-ci sont remplies par de l'olivine, du clinopyroxène, de l'amphibole ou de la serpentine. Il est possible de distinguer plusieurs types de minéral massif:

- le minéral massif compact où le minéral est d'un seul bloc et ses éléments constitutifs invisibles ;
- le minéral massif avec des cristaux sub-automorphes plus au moins bien développés dont la taille peut atteindre 0,5 cm ;
- le minéral massif à débit lamellaire. La chromite est en lamelle sub-parallèles entre elles et montre un aspect écailleux ;

2- Le minéral à texture disséminée, appelé minéral piqué. Dans ce type de texture, le minéral est en grain de petite taille (jusqu'à 1 mm) entourés par une gangue. Les grains de chromite peuvent être complètement isolés les uns des autres donnant au minéral un aspect fin, ou accolés et formant alors des agrégats ou des chafnettes (Cassard 1980) ;

3- Le minéral à texture nodulaire, appelé par Routhier, in Faivre et al. (1955) minéral léopard en grappes ou "crottes de biques". Ce minéral, l'un des plus spectaculaires, est typique des gisements podiformes des ophiolites (Logon, 1918; Diller, 1922; Johnston, 1936; Thayer, 1942; 1960; 1964;1969; Flint et al., 1948;

Bilgrami, 1963; Juteau, 1974; Greenbaum 1977; Smirnov et al., 1977; Cassard, 1980; Ahmed 1984; Al Azri 1987). Cette texture a été bien étudiée par Pavlov et al. (1977) ;

4- Le minéral à texture anti-nodulaire, est caractérisé par des nodules centimétriques d'olivine cimentés par de la chromite. Schneiderhohn (1958) appelle cette texture "minéral léopard négatif", Koch (1956) minéral réticulé, Rossello (1962): minéral tacheté et Toni (1965) minéral à plages anastomosées;

5. Le minéral à texture à maille de chromite ("chromite net") et cellule de dunité ou "occluded silicate texture" de Thayer (1969). Dans ces textures, comme dans celle anti-nodulaire, des enclaves riches en olivine sont entourées par de la chromite. En fonction du rapport chromite/olivine, la texture varie : la chromite peut dessiner un fin réseau autour de grosses enclaves de dunité ou elle peut former un réseau grossier enserrant des nodules isolés de taille limitée. Dans le premier cas où la matrice de chromite est réduite, les petits nodules d'olivine légèrement aplatis ou ovoïdes se disposent côte à côte, en formant des niveaux dunitiques frustes aux bordures ondulées et festonnées, soulignées par les grains de chromite. Cette texture a été bien décrite par Jackson (1961) dans les chromites du complexe de Stillwater et par Moutte (1979) en Nouvelle Calédonie. Elle peut être associée à la texture anti-nodulaire comme dans le cas des mines d'Anna-Madeleine, d'Alice Louise et surtout d'Alpha en Nouvelle Calédonie (Cassard, 1980).

6- Le minéral à texture "moucheté", décrit en grand détail sous le nom de "clot texture" par Mukherjee (1969) et Thayer (1969) qui la considèrent comme une variante de la texture précédente. Wagner (1923) et Jackson (1961) l'ont appelée "pseudoporphyrotic poikilitic texture", et Thayer (1969) l'a dénomé "occluded silicate texture". Bilgrami (1963) décrit des taches de minéral disséminé sous le terme d'"eyes", Jackson d'"ovals", Cameron (1977) de "speckled patch".

Le minéral est composé de taches centimétriques de chromite disséminée très fine, à contours diffus, incluses au sein d'une matrice de chromite disséminée riche, à grain plus gros. La partie centrale de la tache peut être occupée par un noyau d'olivine. La quantité de grains de chromite disséminée

augmente alors progressivement du noyau stérile vers le bord de la tache. Cette texture est présente aussi bien dans les complexes stratiformes que dans les gisements podiformes (Cassard, 1980).

En ce qui concerne le mode de formation des taches, Kukherje (1969) constate une différence de composition chimique entre la chromite incluse dans la tache et la chromite hôte, il s'agit d'une différence d'ordre de 2 à 3% en Cr_2O_3 et Al_2O_3 . Kukherje (1969) propose le mode de genèse suivant: les taches se seraient formées in-situ autour de cristaux d'olivine déposés simultanément avec les grains de chromite de la matrice. Le liquide intercumulus piégé réagirait avec la phase chromifère et de nouveaux grains de chromite se formeraient. La poursuite de l'interaction liquide-solide créerait progressivement de plus en plus de place pour permettre la tache de s' étendre.

Cette texture et celle en réseau sont considérées par Thayer (1969) comme des texture cumulatives reliques au sein des gisements podiformes. Cassard (1980) a rencontré ce type de texture à la mine Alice-Louise en Nouvelle Calédonie.

7- Le minerai à texture en schlieren. Dans ce type de texture, la foliation est soulignée par des agrégats de grains de chromite allongés, étirés et parfois fragmentés. Dans la matrice de chromite disséminée on trouve souvent des lentilles décimétriques ou des "bouffées" de chromite massive, des lentilles décimétriques ou des "bouffées" de chromite disséminée. On appelle ces deux variétés texturales "chromite nuageuse". Dans les deux variétés de minerai l'allongement, des lentilles ("bouffées") est presque toujours parallèle à la linéation. Ce type de texture a été observée par Cassard (1980) en Nouvelle Calédonie, où il est peu fréquent.

8- Le minerai à texture orbiculaire est typique des gisements podiformes. (Johnston, 1936; Wells et al., 1949; Bilgrami, 1963; Shams, 1964; Thayer, 1969; Greenbaum, 1977; Cassard, 1980).

Cette texture est caractérisée par une disposition concentrique autour d'un nucleus ellipsoïdal de dunite, lui-même pouvant renfermer de la chromite, d'une ou de plusieurs couronnes de chromite et dunite alternant.

CHAPITRE II

II. REPARTITION GEOGRAPHIQUE ET STRUCTURALE DES GISEMENTS DE CHROMITE DANS LE MASSIF DE TROPOJA. LEUR MORPHOLOGIE.

II.1. Introduction.

A partir des caractéristiques majeures, des gisements de chromite, que nous avons décrites dans le chapitre précédent, nous essaierons de chercher des guides sur la répartition des gisements qui auront des implications immédiates du point de vue minier, tant au stade de la prospection, qu'à celui de l'exploitation. Ces guides nous permettrons :

- de délimiter avec précision les zones minéralisées et les zone stériles,
- de localiser de façon aussi exacte que possible les gisements à l'intérieur de ces zones,
- de déduire la forme, la disposition, l'extension des gisements, par rapport à la structuration des péridotites encaissantes.

Une classification structurale des gisements sera proposée. On discutera par ailleurs quelques faits relatifs à leur répartition.

Quelques centaines de corps chromifères ont été découverts dans le massif au cours de différents travaux de recherche, de prospection et lors de l'établissement des cartes.

II.2. Répartition géographique et structurale.

Géographiquement, on peut dire que la répartition des gisements de chromite à l'échelle du massif est hétérogène, avec les plus grands gisements dans le secteur C du massif (Qafa e Perollit, Vlahën, Hija e Bushit, Lugu i Gjinit, Kepenek Fshat, Kam). Dans le secteur A nous avons trois grands gisements : Rragam-1, Rragam-2 et Qafa e Luzhës) tandis que dans le secteur B, le gisement Tpla dépasse 100000 tonnes. Les indices sont situés préférentiellement dans les tectonites mantellaires plutôt qu'à la base des cumulats.

Stratigraphiquement, quatre niveaux minéralisés en chromite peuvent être définis dans le massif ophiolitique de Tropoja (voir le log général du massif (Fig. I-9.) : un dans le manteau profond (au Nord du massif, indices de Ura e Kamenës, de Kodra e Kalit...), deux dans la zone de transition, le premier est celui qui se situe dans le corps dunitique de Shtegu i Rragamit-Çabrat et qui se continue à Mejdan et Rragam, le deuxième comporte les gisements de Qafa e Milicës-1-2, de Maja e Tahirit, de Kroni i Orëve, de Përroi i Ahishtës et de Maja e Brajkut. Le dernier niveau minéralisé est cumulatif.

La stratigraphie a été définie dans le secteur A, parce que la structure minoclinale y est facilement déchiffrable, et a été appliquée après pour les autres secteurs.

La définition de ces niveaux dans le secteur C est compliquée par plusieurs anticlinaux et synclinaux qui provoquent des redoublement. On note l'absence du premier type de minéralisation du manteau profond dans les secteur B et C. Ce sont principalement des gisements de la zone de transition, en particulier ceux du niveau 2; qui présentent un intérêt économique.

Le quatrième niveau appartient aux cumulats. Il y a une différence dans le niveau entre la minéralisation de Bregu i Bibës et celle de la coupe de Kam-Helshan. Dans les cumulats les indices de chromite sont situés dans des environnements différents. Dans le premier cas (Bregu i Bibës), les concentrations de chromite se trouvent à l'interface dunite-pyroxène, tandis que dans le second, les chromitites sont interstratifiées dans les dunites basales (indices de Maja e Sukës et de Skatinë-Gëzhime). Chaque niveau peut-être composé de plusieurs sous-niveaux. Tout ce qu'il y a de commun entre notre classification et de celle de Mekshiqi et al. (1989) et Mekshiqi (1990) c'est le nombre quatre des niveaux minéralisés.

Confrontant la classification stratigraphique avec les données pétrologiques et minéralogiques, d'ailleurs incomplètes, cet auteur appelle niveau 1 notre niveau 2 qui est très bien repéré. Il met au-dessus de ce niveau minéralisant notre niveau 1, qui appartient au manteau profond. De même, ils regroupent dans le même niveau minéralisé des gisements appartenant à des niveaux stratigraphiques bien différents. Ils ne donnent pas de précision sur le niveau minéralisé dans les cumulats.

La plupart des gisements du massif sont concordants et en harmonie. Le passage corps minéralisé/roche encaissante est plutôt graduel. Ces gisements se

situent surtout dans des corps dunitiques de grande taille.

Les gisements sub-concordants du massif ont un pendage beaucoup plus fort que celui de l'encaissant. Il se situent dans des lentilles de dunites de faible épaisseur.

Les gisements discordants (trois cas observés) se situent à proximité du contact harzburgite/corps dunitique. Ils sont petits et leur encaissant est dunitique. Les contacts corps minéralisés/roches encaissantes sont abrupts.

II.3. Morphologie des gisements de chromite.

La forme et la taille des gisements du massif sont extrêmement variables. Dans le massif sont observées des formes: en "crayon" bien aplati, en "boudin", des corps tabulaires ou en couche régulière.

Un même gisement peut présenter différentes formes accompagnées de textures différentes. Les corps minéralisés s'amincissent beaucoup selon leur direction d'allongement, mais ils ne sont pas biseautés (gisement de Çabrat-4 et indice de Lugu i Dërrasave).

Les gisements stratiformes sont constitués de lits de chromitite et de dunitite interstratifiés, d'épaisseur centimétrique à métrique. Le passage dunitite-chromite est généralement progressif. Il se fait par l'intermédiaire d'une dunitite à chromite disséminée devenant de plus en plus riche en chromite. Plusieurs structures de type sédimentaire peuvent être observées à la base de ces indices comme par exemple des stratifications entrecroisées.

II.4. Description des corps minéralisés.

Pour faire la description des gisements de chromite nous avons choisi trois corps minéralisés qui seront représentatifs des trois types de gisement : concordant ; sub-concordant et discordant.

II.4.1. Gisements concordants. Gisement de Rragam-1.

II.4.1.1. L'encaissant, lithologie et structure.

Ce corps minéralisé se situe dans la partie NW du massif là où l'axe de la mégastucture tourne d'environ 90°, de NW- SE à NE- SW. Il est concordant avec la direction NE-SW. Le corps minéralisé se trouve dans le flanc NW d'une microstructure anticlinale (structure de deuxième ordre).

Le gisement est situé dans la zone de transition dans un secteur particulièrement enrichi en dunite. Il est localisé au sein d'une grande lentille dunitique dont les dimensions maximales sont 750x200 m. A l'intérieur de cette lentille existent des enclaves allongées de harzburgites dont la puissance varie rapidement. Le passage des dunites aux harzburgites se fait par l'intermédiaire de dunites à pyroxènes qui contiennent de 3 à 8% d'orthopyroxène. L'enstatite est plus souvent sous forme d'assemblages de cristaux. La foliation et la linéation ne sont pas bien marquées (N60° à 70°, 60° NW). Les lentilles de harzburgite, de dunite et de chromite sont concordantes.

II.4.1.2. Forme du corps minéralisé, structures internes, relation avec l'encaissant.

Le corps minéralisé forme une couche (250m) parallèle aux plans So-S1 de l'encaissantes (Neziraj et al., 1983; Hoxha et Neziraj et al., 1986). L'allongement de gisement est parallèle à la linéation des dunites et harzburgites encaissantes. Sa largeur, en profondeur, est variable, (60 à 450 m) et son épaisseur est en moyenne de 1,50 m. Elle diminue avec la profondeur. La teneur en Cr₂O₃ est variable. Elle oscille de 11,7% à 48% avec une moyenne de 35,5%. Le minerai est plus pauvre en Cr₂O₃ près du contact avec l'encaissant et aussi à la partie supérieure.

Le corps minéralisé comprend quatre panneaux décalés par trois failles normales de direction NE-SW, plongeant vers le SE (Fig. II.50.). Le panneau le plus volumineux est le plus profond. Le corps minéralisé est limité par des

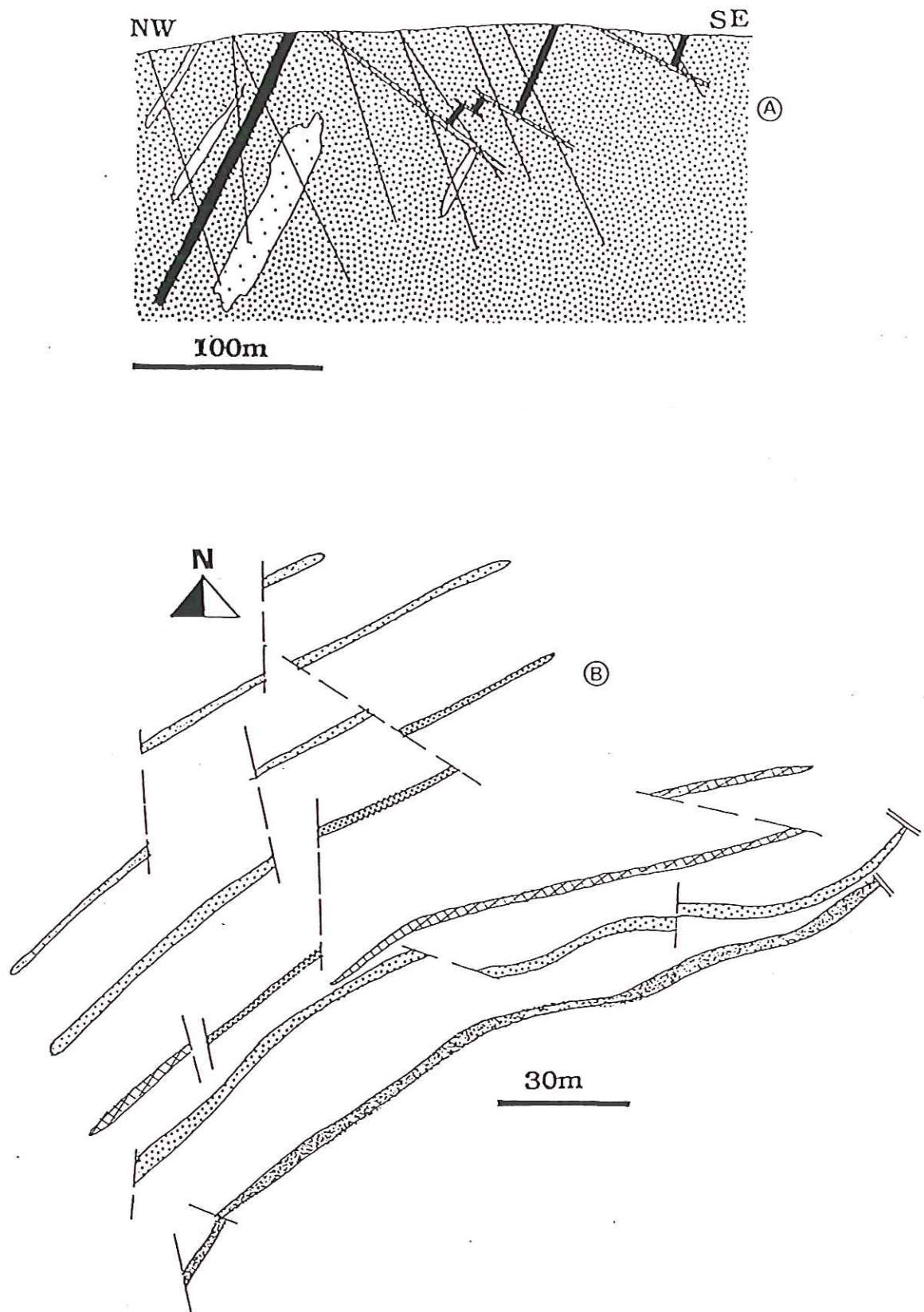


FIGURE II.50. -A : Coupe géologique simplifiée du corps du gisement de Rragam-1. Le corps minéralisé (en noir) se situe dans les dunites et décalé par des failles. -B : Projection horizontale du même corps minéralisé selon les travaux miniers. Le corps minéralisé est décalé par des décrochements senestres. Chaque symbole représente un niveau du corps minéralisé. D'après Hoxha, Neziraj et al. (1986).

décrochements senestres de direction NW-SE (Fig. II.50. B). Malgré les nombreux travaux de forage qui ont été effectués, le prolongement du corps minéralisé n'a pas été trouvé.

Deux types de minéral coexistent: le minéral disséminé qui prédomine, et le minéral massif. Le rubanement est fruste, entre ces différents types de minéral et difficilement mesurable.

La foliation, parallèle au rubanement, est marquée par l'aplatissement des lentilles de harzburgite et la disposition des grains de chromite du minéral disséminé.

Le contact corps minéralisé/roche encaissante est plutôt graduel. Les filons d'orthopyroxénite (surtout orthopyroxénite à olivine et orthopyroxénite) recoupent la minéralisation, ainsi que des filons dunitiques. Les filons d'orthopyroxénites montrent deux directions: NE-SW et W,NW-E,SE. Le pendage varie peu autour de 60°. Les filons gabbroïques recoupent surtout les dunites, les harzburgites et très rarement la minéralisation et ont une direction E-W et plongent vers le N. Leur extension peut être suivie sur 250 m. Ils ont une épaisseur de quelques cm. On trouve deux sortes de filons gabbroïques : a)- plagioclase-clinopyroxène-amphibole et b)- plagioclase-clinopyroxène.

II.4..2. Gisements subconcordants. Gisement de Rragam-2.

II.4..2.1. L'encaissant, lithologie et structure.

Ce gisement se situe à environ 1 km au S-SE de la mine Rragam-1, dans les harzburgites. Il est constitué de deux corps minéralisés subconcordants (N60°-80° avec un pendage 75°-90°), enveloppés des dunites.

Dans les harzburgites, il existe également des lentilles de dunites souvent biseautées. Le passage dunité-harzburgite est abrupt.

La linéation mesurée donne une valeur autour de N 50° qui plonge vers le SW de 30° à 35°, voire plus (Fig. II.51. A)

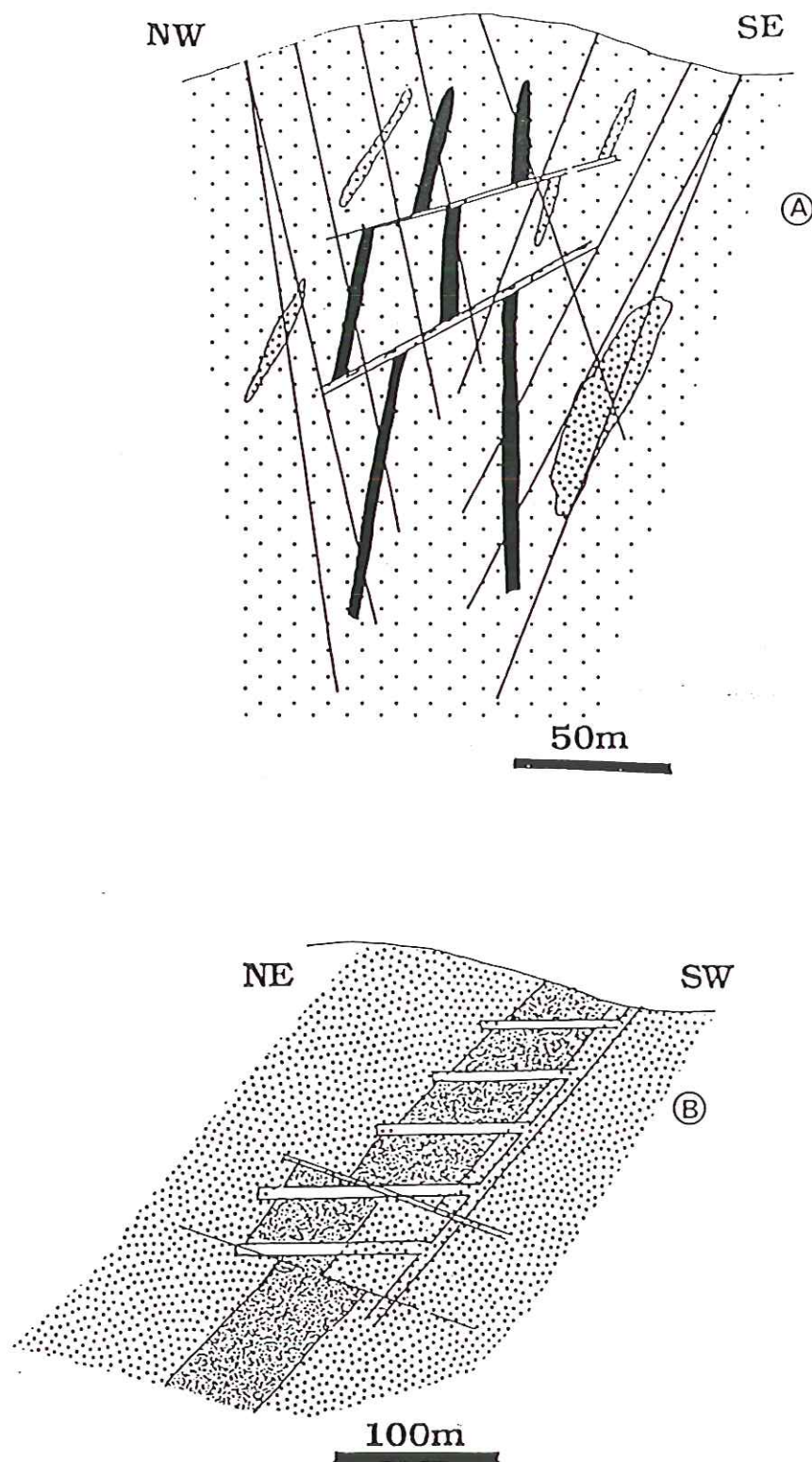


FIGURE II.51. -A : Coupe géologique simplifiée du corps du gisement de Rragam-2 Le corps minéralisé (en noir) se situe dans les harzburgites entouré d'une enveloppe dunitique et décalé par des failles. -B : Projection verticale du même corps minéralisé selon les travaux miniers. D'après Hoxha, Neziraj et al. (1986).

II.4..2.2. Forme du corps minéralisé, structures internes, relation avec l'encaissant.

Les deux corps minéralisés sont légèrement ondulés. Ils plongent vers l'W-SW et sont localement décalés (Fig. II.51. A).

Les corps minéralisés, plus ou moins tabulaires, se poursuivent sur environ 550 m selon leur allongement. L'épaisseur oscille de quelques cm jusqu'à 10 m. La teneur en Cr_2O_3 est variable (15 à 54 %).

Il a été proposé que les deux corps appartiennent à un même gisement plissé (Bisha et al., 1971; Gjivogli et al., 1978). Les travaux miniers ont permis de constater que les deux corps sont indépendants et qu'ils sont découpés en panneaux par des failles tardives (Hoxha, Neziraj et al., 1981; Neziraj 1981; Neziraj et al., 1983; Hoxha, Neziraj et al., 1986) (Fig. II.51. A).

La texture du minerai est variable: disséminé à massive, en schlieren, nodulaire. Quelquefois on trouve des "bouffées" de chromite massive à contours diffus dans une matrice de chromite disséminée.

Dans le minerai nodulaire (Photo ... Planche) les nodules sont en général aplatis ce qui confère à la minéralisation un aspect rubané fruste. Si l'on fait une coupe transversale de ces nodules leur section est circulaire. Le rapport entre les diamètres des différents nodules varie de 1 à 5 (Neziraj, 1981, 1989).

La minéralisation chromifère est recoupée, comme dans le cas de la mine Rragam-1, par des filons d'orthopyroxénite, de gabbro et surtout de dunite. L'épaisseur des filons de dunite varie de 1,5 à 6 cm. Ils peuvent être parallèles. Les filons dunitiques renferment des chromite disposées en chaînette.

IV.3. Gisements discordants. Indice de Dunishë.

IV.3.1. L'encaissant, lithologie et structure.

Ce gisement se situe dans un secteur de la zone de transition enrichi en dunite. Le gisement est inclus dans une apophyse d'un grand corps dunitique concordant (600x65 m). Cette apophyse, de même que le gisement, est de direction perpendiculaire à celle du corps dunitique principal (Fig.II.52.).

L'orientation des éléments structuraux primaires des harzburgites varie de N330° à N340° dans la partie est à N300°-N320° dans la partie ouest avec un

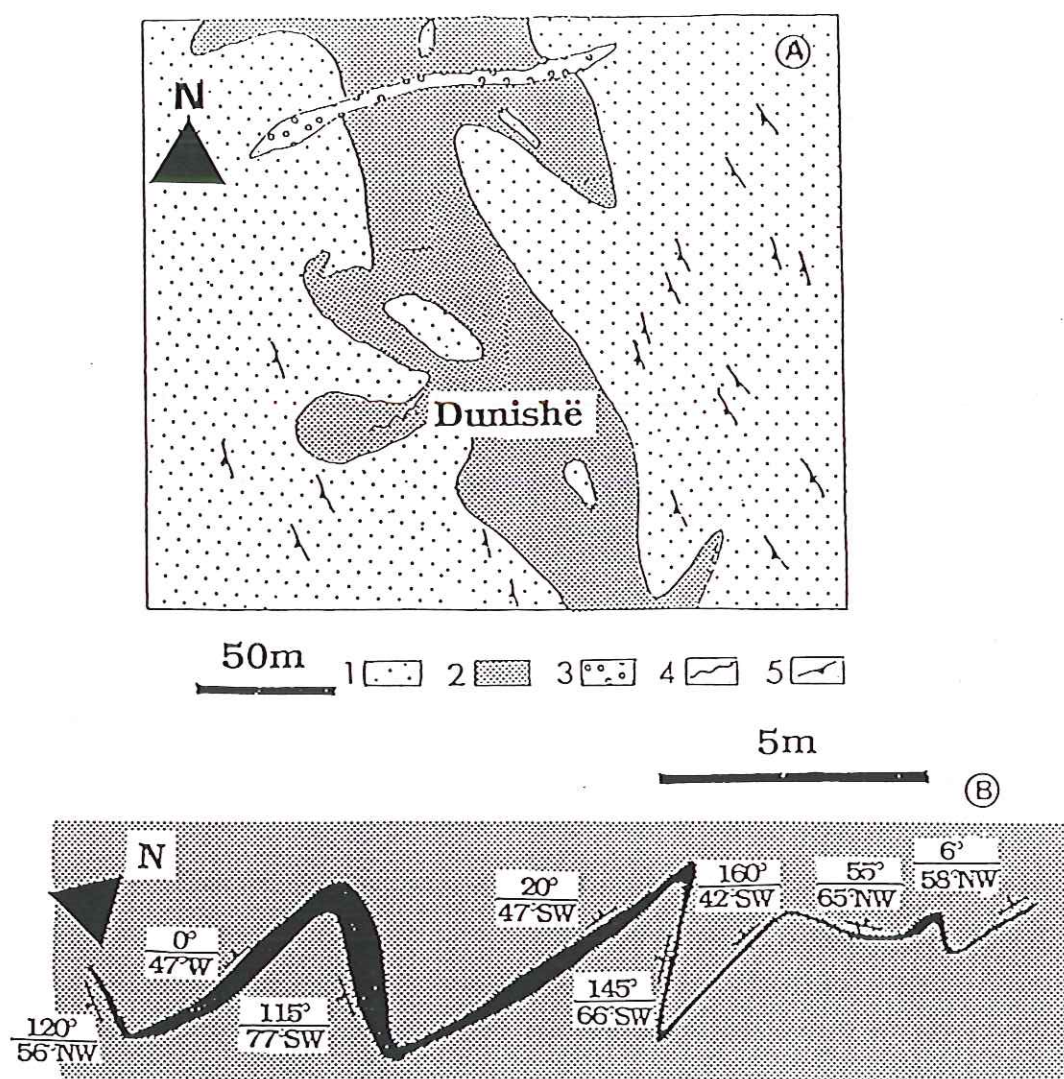


FIGURE II.52. -A : Carte géologique de l'indice de Dunishë. 1- Harzburgites ; 2- Dunites ; 3- Pyroxénites ; 4- Corps minéralisé ; 5- Rubanements dans les harzburgites. B- Morphologie du corps minéralisé.

pendage vers le SW d'environ 60°-70° (Hoxha, Neziraj et al., 1981; 1986).

La tectonique post-minéralisation est bien développée à l'Ouest du corps minéralisé. Les décrochements et autres failles ont deux directions principales: N20°-30° et N150°. Les zones faillées d'une épaisseur de 2 à 4m. sont remplies de matériel bréchifié constitué par des roches ultrabasiques dans un ciment de serpentine. Souvent elles sont intensément silicifiées (opale-calcédoine).

IV.3.2. Forme du corps minéralisé, structures internes, relation avec l'encaissant.

L'allongement général du corps minéralisé est N 70° et son pendage vers le N, NW d'environ 50° (Hoxha, Neziraj et al., 1981; 1986). Donc, le corps minéralisé est discordant en direction et plongement par rapport à la structure encaissante. (Fig. II.52. A)

Il s'agit d'un petit corps minéralisé qui affleure en surface sur 25m environ. Il est situé dans une poche dunitique subverticale et sécante par rapport à la structuration du manteau. Le corps de chromite est composé de filons plus ou moins puissants. L'épaisseur de ces filons est très variable. Elle varie de quelques centimètres dans ces extrêmes à 1,1m dans l'axe de plis. Le contact filons de chromite-roche encaissante est net. L'orientation des filons est elle aussi variable, les filons se relient en donnant au corps minéralisé l'aspect d'une suite de plis à flancs subméridiens (N140° à N20°) et avec des charnières plus ou moins cisailées (N60 à N90°) (Fig. II.52. B).

La teneur en Cr_2O_3 du minerai est de 48% en surface . Elle diminue avec la profondeur (jusqu'à 35% Cr_2O_3). La texture est massive en surface tandis dans les forages elle devient disséminée.

Les filons d'orthopyroxénites recoupent uniquement l'encaissant. Leur épaisseur varie de 0,4 à 5m. Souvent ces filons sont plissés et se recoupent les uns les autres.

CHAPITRE III

III. ETUDE SUR LES TYPES DE MINERAL.

III.1. Différentes textures de chromites.

Dans le massif de Tropoja, la texture de chromites présente presque toutes les variétés connues de par le monde. La grosseur des grains de chromite, leur agencement et leur proportion par rapport de la gangue nous ont permis de distinguer quatre principaux types de minéral : le minéral à texture massive ; le minéral à texture disséminée ; le minéral à texture nodulaire ; et le minéral à texture rubanée et en schlieren. Chacun de ces types peut-être composé de plusieurs variétés.

III.1.1. Le minéral à texture massive.

C'est le type de minéral le plus répandu dans le massif. Ce type de minéral est caractéristique des gisements discordants (Dunishë, Lajthizë et Shpati i Gdhenit), où il est l'unique constituant. Il est également caractéristique dans les gisements subconcordant (Qafa e Milicës, Tpla...) et concordants (Ura e Kamenës, Maja e Tahirit, Çabrat-1-4, Lugu i Dërrasave, Kam).

Le minéral est composé presque à 100% de chromite avec des petits silicates interstitiels et/ou en inclusion. Les minéraux interstitiels sont des olivines, pour les chromites des trois secteurs du massif, des chlorites dans les chromites des secteurs A et C, et plus rarement d'amphiboles dans les chromites du secteur C. Les minéraux inclus dans la chromite sont surtout des olivines (secteurs A et C) mais des amphiboles et des clinopyroxènes sont observés dans les chromites du secteur A tandis que dans les chromites du secteur C sont observées des chlorites incluses.

Donc, les olivines sont présentes dans les chromites des trois secteurs, les clinopyroxènes dans les chromites du secteur A et les chlorites dans les chromites des secteurs A et C.

On distingue deux variétés de minéral massif :

a-minerai massif à texture en écume.

Ce minerai est assez caractéristique des gisements discordants (échantillon 84A, Photo 1 Planche I-3). Ce minerai est constitué de grains (7-8 mm) automorphes octaédriques. Dans des cas particuliers la masse de chromite massive renferme des "bouffées" de minerai disséminé (échantillons 84A,) . L'aggrégat minéral a l'air fragile. Les bouffées de minerai disséminé donnent au minerai un tel aspect à texture nuageuse Cassard (1980).

Kretz (1966) note que c'est une texture qui évoque une croissance à haute température, tandis que Cassard (1980) montre que le minerai ne subi aucune déformation.

Le contact de ce type de minerai avec son éponte dunitique est bien visible (Photo 2, Planche I-5). Quelquefois il se présente en rubans et schlieren massifs.

b-minerai massif compact.

Le minerai présente des cristaux qui ne sont pas individualisés (gisements : Kepenek-7, Maja e Tahirit, Maja e Begajt... échantillons : 134A, 145A, 137A...). Au microscope, les cristaux sont plus ou moins équants, leur taille est variable, des point triples à 120° sont observés. Les fractures de "pull-apart" sont irréguliers. Ce type de minerai renferme également des "bouffées" de minerai disséminé (Photo 1, Planche I-5). L'organisation structurale de ce minerai est fruste. Les contours des bouffées sont irréguliers.

Les inclusions d'olivine dans les spinelles sont fréquentes. Des inclusions d'amphibole (Çabrat-1, échnatillon 142A), de chlorite (Lajthizë, échantillon 27A), et de clinopyroxène (Ura e Kamenës, Çabrat-1, échantillons 140A et 142A) sont également observées. La gangue est représentée surtout par de l'olivine, des amphiboles (Kepenek-9, échantillon 39A), du clinopyroxènes (Çabrat-1, échantillon 142A) et des chlorites (Shpati i Vishisë, Qafë Prushi et Çabrat-4, échantillons ; 46A, 49A et 139A).

Les bouffées de minerai disséminé pourraient représentées des enclaves de magmas piégés lors de la cristallisation du minerai massif. Ces enclaves peuvent favoriser le développement de la texture de "pull-apart".

III.1.2. Minerai disséminé.

Toujours présent dans les gisements du massif, ce type de minerai présente une faible organisation planaire. Les grains constitutifs de ce minerai disséminé ne montrent guère d'allongement préférentiel. La foliation y est pratiquement impossible à définir.

Ce type de minerai est caractéristique pour le gisement de Rragam-1 (échantillons 17A), et des indices tels que : Kam, Maja e Brajkut, Çabrat-1 (échantillon 143A), Tpla (échantillon 126A).

Le contact avec l'encaissant est soit abrupt, soit avec des contours amiboïdes ou en dents de scie, soit avec un passage plus progressif vers les dunites encaissantes par l'intermédiaire des chaînettes, des rubans ou des schlieren de spinelles.

Ce minerai présente plusieurs variétés selon la densité des grains de chromite dans la gangue. Quelquefois il présente un aspect rubanée.

Le minerai peut accompagner d'autres types de texture de minerai. Par exemple, à Tpla, il est associé à des minerais massifs, antinodulaire et nodulaire. Dans le même gisement, nous avons observé un nodule de chromite massive au milieu de la chromite disséminée (Photo 3, Planche I-3). Sans doute, ce nodule a été formé le premier et a été par la suite inclus dans le minerai disséminé.

Au microscope, les grains de chromite sont souvent automorphes à subautomorphes, et plus rarement xenomorphes. La taille des grains est également variable. Les spinelles de plus grande taille renferment de nombreuses inclusions, surtout des olivines, très peu de chlorite (Lajthizë) et de clinopyroxène (Qafa e Prushit). En position interstitielle sont observés surtout des olivines et plus rarement des amphiboles (Rragam-1, Qafa e Qorzit) et des chlorites (Zgjeç, Kam-5).

III.1.3. Minerai à texture rubanée et en schlieren.

Ce type de minerai est caractéristique des gisements de niveaux 2 (Zym, Lugu i Dërrasave, Vlahën (Zhukri et al. 1988), Çabrat-4..) et 3 (Qafa e Luzhës Lugu i Gjinit, Zogaj-5...). Il est surtout prépondérant dans les gisements

cumulatifs de la coupe de Kam-Helshan (Skatinë-Gëzhime).

Donc, ce minéral est développé dans les gisements concordants et plus rarement dans les subconcordants (Zym). Il est pratiquement absent dans les gisements discordants.

On étudiera ensemble ces deux types de minéral parce que dans le minéral en schlieren les schlieren, eux mêmes sont allongés, allongement qui donne à l'ensemble du minéral l'aspect rubané avec une intercalation de différents rubans de chromite et de dunites.

Les rubans peuvent avoir des natures différentes. Ils sont représentés par du minéral massif, du minéral disséminé, en schlieren ou même par des nodules très aplatis (Leshbravë) (Photo 1, Planche I-4).

L'épaisseur des rubans (lits) varie de quelques mm à plusieurs cm.

Ce type de minéral présente des phénomènes typiquement sédimentaire dont le "slumping". Ainsi dans certains cas on observe que la limite inférieure du ruban reste rectiligne et la partie supérieure s'épaissit brutalement créant ainsi un bombement de la partie supérieure qui se répercute sur le niveau suivant (Lugu i Gjinit, Qafa e Luzhës, Tpla ...) (Photo 5, Planche I-4).

Parfois de petits lits fins de chromite sont fortement ondulés (Qafa e Luzhës, Tpla ...) (Photo 5, Planche I-4). ces ondulations sont, dans le détail, dissymétriques et rappellent par leur morphologie celles des "ripple-marks" qui sont créées sous l'action de courants marins sur le fond.

Les lits forment parfois une stratification oblique, entrecroisée, (Çabrat-4, Tpla, Lugu i Dërrasave...). Très souvent, l'obliquité est minimale ou même nulle à la base de la couche et augmente en s'élevant dans celle-ci, jusqu'à atteindre parfois 20° ou 30°.

Les lits sont parfois décalés par des décrochements ou des filons de différentes composition, dunite, orthopyroxénite, gabbro (Fig. II.53.).

Dans ce type de minéral, l'olivine (Lugu i Gjinit, Qafa e Luzhës, Zogaj-5; échantillons : 26A; 21/7S; 20A) et plus rarement les amphiboles (Lugu i Zanit, échantillon 44A) occupent l'intercumulus. Dans certains cas l'intercumulus est très serpentinisé et on n'observe pas de reliques de roche fraîche (Kepenek Fshat, Përroi i Thellë, Zogaj Fushë; échantillons : 38A, 41A, 24A).

Les inclusions silicatées dans les cristaux de chromite sont dans la quasi totalité des cas des olivines (Zogaj-5, Lugu i Gjinit, Zogaj Fushë, Gjelaj, Përroi i Thellë, Kepenek Fshat).

Cassard (1980), dans une étude très détaillée sur le minéral en schlieren de Lucky Hill en Nouvelle Calédonie, conclut que ce type de minéral présente une déformation assez importante, produite entre haute et moyenne température.

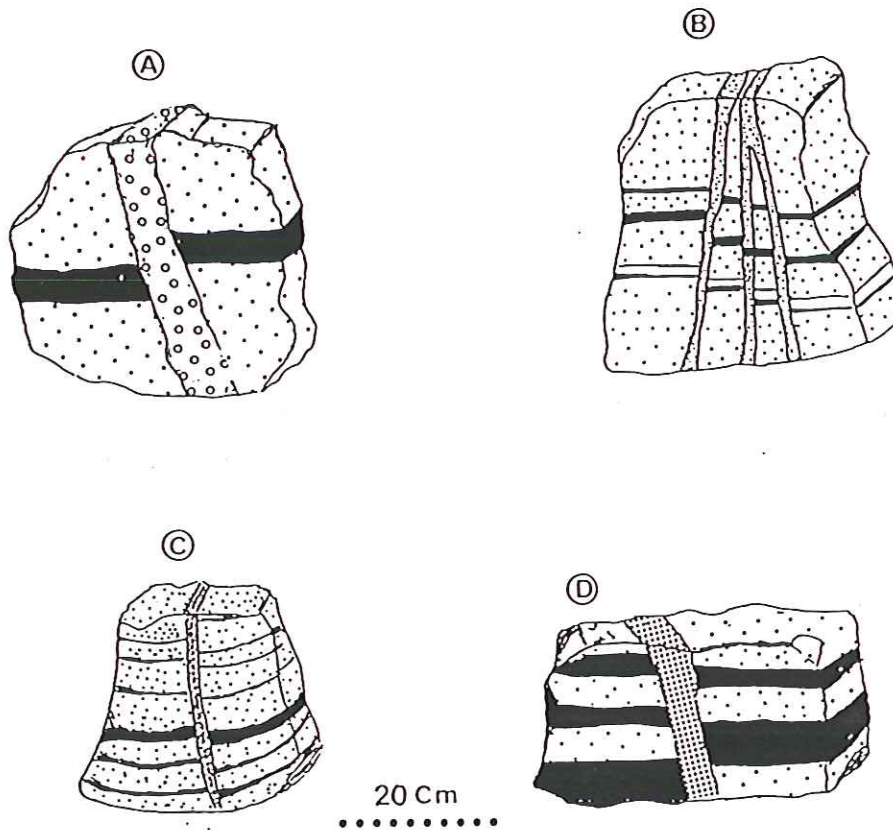


FIGURE II.53. -Chromite rubanée décalée : (a) par un filon de pyroxène ; (b) par des filons dunitiques ; (c) par un filon de dunitte contenant une chaîne de chromite et (d) par un de gabbro pegmatite. Les échantillon ne sont pas orientés.

III.1.4. Minéral à texture nodulaire.

Ce type de minéral comprend trois variétés :

- a- le vrai minéral dit nodulaire, où les nodules sont constitués de la chromite et la gangue de silicates ;
- b- le minéral dit antinodulaire, où les nodules sont représentés par des silicates tandis que la gangue est chromifère ;
- c- le minéral orbiculaire ou annulaire, où le minéral présente des

anneaux ou cocardes aplatis composés de chromite. Le matériel de la gangue ainsi que celui à l'intérieur des cocardes est silicaté.

a- minéral nodulaire.

Cette variété de minéral est la plus courante parmi les trois variétés citées ci-dessus.

Ce minéral est caractéristique des gisements des niveaux 1 et 2 dans le manteau. Il n'est jamais rencontré dans les gisements discordants. Les gisements qui préservent bien ce type de minéral sont : Rragam-2 (30A); Tpla (25A, 125A); Shullani i Kamatës (127A); Ura e Kamenës (141A), Livadhi i Kokës (45A); Mëhallë Arë (48A); Leshbravë (Photo 5,6,7,8, Planche I-3 et Photo 1, Planche I-4). Nous avons bénéficié d'un échantillon, représentant de ce type de minéral, qui provient du gisement de Vrith, massif de Tërbuni, massif de la ceinture ophiolitique occidentale (Photo 2, Planche I-6).

Dans ce type de minéral, il s'agit d'aggrégats de grains de chromite de forme arrondie, épars au sein d'une matrice d'olivine. Leur taille est variable, elle ne dépasse pas 1 cm dans le gisement de Vrith, mais dans le gisement du massif de Tropoja elle peut atteindre jusqu'à 6 cm (Rragam-2, Leshbravë).

Les nodules présentent des formes sphériques, mais dans la majorité des cas elle sont ellipsoïdales. On observe souvent un ellipsoïde aplati avec un rapport entre le diamètre maximale et celui minimale proche d'un rapport de 6/1.

Les nodules font en général entre 30-40% du volume de la roche. Les contacts avec la gangue sont francs. Des petits grains (jusqu'à 1 mm) sont observés dans les silicates internodulaires. Ces silicates sont représentés surtout par de l'olivine (Rragam-2, Tpla, Ura e Kamenës, Shullani i Kamatës). Alors que des chlorites sont observées dans les gisements de Tpla (125A) et de Livadhi i Kokës (45A).

Si l'on observe attentivement au microscope, on voit que les nodules qui ne sont pas bien aplatis présentent des formes pseudo-octaédriques avec des angles arrondis, ou bien des formes multifaces très irrégulières avec des pseudo-faces un peu courbées.

Les nodules peuvent présenter des tailles variables même au sein d'un échantillon (30A) ou des tailles plus ou moins voisines (b/90). Dans le premier

cas, les nodules sont plus aplatis et alignés tandis que dans le deuxième cas, ils sont peu aplatis et sont distribués de manière plus ou moins homogène dans la gangue.

Au microscope, les aggrégats de nodules sont composés de grains automorphes-subautomorphes de spinelle chromifère. L'espace intergranulaire, d'habitude assez rare, est représenté par de la serpentine ou bien par de la chlorite. Dans le gisement de Vrith (échantillon b/90), cet espace intragranulaire augmente vers le coeur du nodule.

Les cristaux de chromite présentent des fractures de "pull-apart" et des inclusions silicatées, principalement des olivines (Tpla et Shullani i Kamatës) et plus rarement des chlorites (Tpla et Livadhi i Kokës).

b- minerais antinodulaires.

Ce type de minerai est caractéristique pour le gisement de Mejdan-1 (138A) (Photo 7, Planche I-4 et Photo 8, Planche I-6) est moins développé dans celui de Tpla. La taille de nodules est beaucoup plus petites que celle des nodules de chromite à texture nodulaire, mais ces nodules de silicate sont plus aplatis avec une meilleure orientation préférentielle. La gangue chromifère est composée de minerai massif.

c- minerais à texture orbiculaire (annulaire).

Nommé "cockade" ou "annular" dans la littérature anglophone, ce type de minerai est caractéristique pour le gisement de Maç, échantillons 213 et 130A).

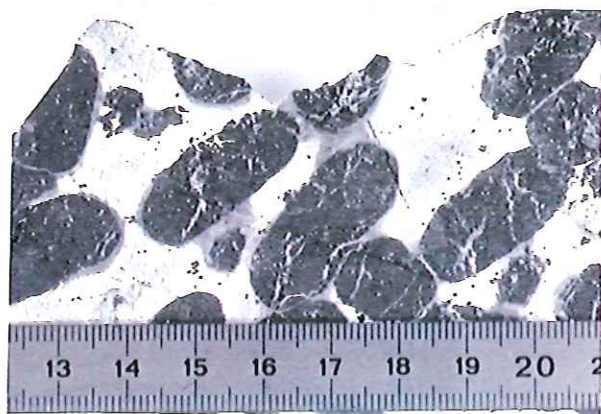
Les termes cocarde et annulaire ont été utilisés pour faire la distinction entre ce type de minerai et celui appelé orbiculaire sphérique où la masse internodulaire des nodules ainsi que la gangue sont composés de la chromite massive, tandis que la couronne qui enveloppe le coeur chromifère est représenté par de l'olivine. Ce type de minerai n'a pas été rencontré dans le massif de Tropoja.

Les nodules présentent des ellipsoïdes. Les dimensions de ces nodules oscillent entre 0,5 et 2 cm. La construction intérieure du nodule est bien visible

PLANCHE I-3

- Photo 1 - Minéral à texture massive en écume à grands cristaux automorphes. Gisement de Lajthizë e Vjetër.
- Photo 2 - Minéral à texture massive avec un lit de dunite décalé par plusieurs fractures.
- Photo 3 - Minéral à texture nuageuse.
- Photo 4 - A gauche : nodule de chromite englobé dans une matrice de minéral disséminé, recoupée par un filon dunitique. A droite : nodule de chromite massive ayant perturbé la précipitation des lits de chromite. Le contact entre la chromite et la dunite est net. Ces deux échantillons proviennent du gisement de Tpla.
- Photo 5 - Minéral à texture nodulaire. Les nodules non aplatis sont recoupés par des filons de dunites.
- Photo 6 - Minéral à texture nodulaire. Les nodules de chromite sont peu aplatis.
- Photo 7 - Minéral à texture nodulaire. Les nodules de chromite sont aplatis. Echantillon 30A, gisement de Rragam-2.
- Photo 8 - Minéral à texture nodulaire. Les nodules sont très aplatis.

PLANCHE I-3



1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

par le fait que la partie périphérique du nodule est composé d'une intercroissance claire de grains de spinelle chromifère qui forment une cocarde. La partie centrale de cette couronne ainsi que la gangue sont composées d'olivine (Photo 6, Planche I-4 et Photo 6, Planche I-6). Dans le cas des échantillons 213 et 130A, aucune olivine fraîche n'est observée. Les silicates peuvent renfermer des petits grains de spinelle chromifère. Toutes les inclusions d'olivine dans les cristaux de chromite sont serpentinisées.

III.1.5. Formation des minerais à texture nodulaire.

Les hypothèses concernant le modèle de formation des nodules sont contradictoires. Il a été suggéré que les formes arrondies des nodules sont résultat d'un enroulement des fragments d'ancien aggrégats magmatiques (Kapinskiy 1926) ou de leur fusion (Donath 1930). Thayer (1969) pense que la formation des nodules est le résultat d'une cristallisation sélective dans le liquide magmatique. Moskaleva (1969) suggère que cette formation est faite pendant les transformations métasomatiques. Savalyev (1974) ajoute que les nodules sub-octaédriques sont formés lors de la phase terminale de la croissance squelettique des spinelles chromifère.

D'autres auteurs (Betehtin 1937, Sokolov 1948, Pavlov et al. 1968, Malyutin 1967) suggèrent que les nodules sont formés par individualisation de liquides immiscible silicate-oxyde. Betehtin (1937) ajoute que la cristallisation du minerai sous forme de gouttelettes se fait soit en même temps que les silicates hôtes soit légèrement plus tard.

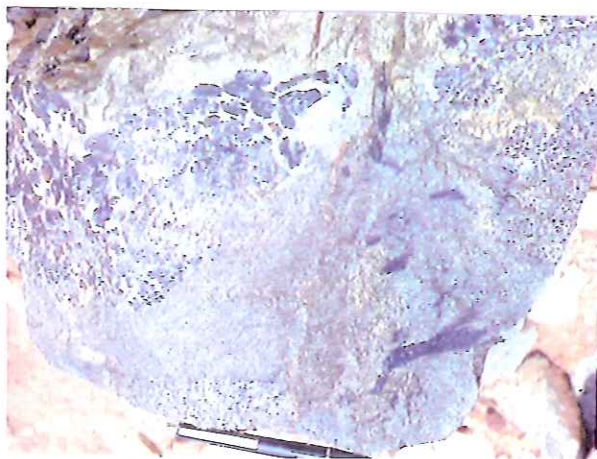
L'étude de Pavlov et al. (1977) est la plus complète. Selon leur hypothèse la cristallisation des nodules et du matériel internodulaire se fait simultanément, mais la cristallisation du minerai nodulaire se termine un peu plus tôt. Il basent leur hypothèse : a) sur la croissance du spinelle chromifère pendant la cristallisation de la masse internodulaire et b) sur la présence des veines d'olivine qui recoupent les nodules.

Finalement, l'enveloppement fluidal des nodules par une légère imprégnation dans les dunites montre que les silicates auraient été plus mobiles que le matériel des nodules.

PLANCHE I-4

- Photo 1 - Minéral à texture nodulaire. Les nodules sont complètement aplatis, donnant au minéral un aspect rubané et en schlieren. Indice de Leshbravë.
- Photo 2 - Minéral à texture rubanée. Rubans montrant différentes densités de grains de chromite. Le contact entre la dunite et la chromite est en dents de scie.
- Photo 3 - Minéral à texture rubanée et en schlieren. Alternance de rubans et de schlieren de chromite plus ou moins massifs et de rubans de dunite.
- Photo 4 - Différents types de minéral au sein d'un échantillon : minéral nodulaire, disséminé et massif.
- Photo 5 - Rubans de chromite massive montrant la présence du phénomène du "slumping" à droite et du "ripple marks" à gauche. Gisement de Tpla.
- Photo 6 - Minéral à texture orbiculaire. A gauche, les grains d'olivine sont entourés d'un fin lisère de chromite ; à droite, la couronne de chromite est plus épaisse. Ce type de minéral est très caractéristique du gisement de Maç.
- Photo 7 - Minéral à texture antinodulaire très caractéristique du gisement sub-concordant de Mejdan-1.
- Photo 8 - Minéral à texture bréchique. Enclaves de pyroxène dans une matrice chromifère. Echantillon 35A, indice de Bregu i Bibës.

PLANCHE I-4



1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

III.1.6. Autres types de minerai.

Quelques autres minerai, bien qu'accessoires, sont également présents dans le massif.

Il s'agit des variétés de minerai antinodulaire en réseau à maille de chromite et cellule de dunite, et le minerai moucheté. Un autre type de minerai est celui nuageux.

On va s'arrêter un peu plus sur un autre type de minerai qui est caractéristique pour la chromite cumulative de Bregu i Bibès. Ce type de minerai on va l'appeler : minerai à texture bréchique.

-Minerai à texture bréchique.

Il s'agit des enclaves composées de silicate, surtout d'orthopyroxène et plus rarement de clinopyroxène et d'amphibole. Ces enclaves sont cimentées par de la chromite massive dont les cristaux peuvent atteindre 3 mm. Les cristaux de chromite sont automorphes et non déformés. Les inclusions silicatées (clinopyroxène et moins d'orthopyroxène et d'amphibole) sont nombreuses.

Ce type de texture est étroitement contrôlé par la nature des roches du niveau minéralisé. Il se trouve à l'interface dunite-pyroxénite et est recoupé par des filons de dunite, d'orthopyroxénite et de chromite.

III.1.7. Association et organisation texturale.

Plusieurs types de minerai peuvent être associés au sein d'un même gisement avec une prédominance possible d'une variété sur une autre. L'association minerai massif-minerai disséminé étant la plus fréquente.

La variation des textures se fait :

1) suivant l'épaisseur du corps minéralisé comme dans le gisement de Tpla (Fig.II.54. B). Le minerai à texture nodulaire du mur est surmonté par un minerai antinodulaire, puis par un minerai disséminé et vers le toit du corps minéralisé par du minerai à texture massive ;

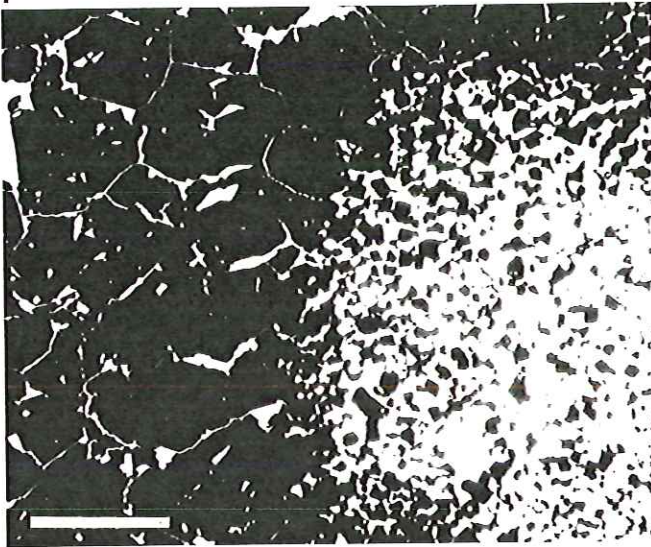
2) selon l'allongement du corps minéralisé tel le est cas du gisement de

PLANCHE I-5

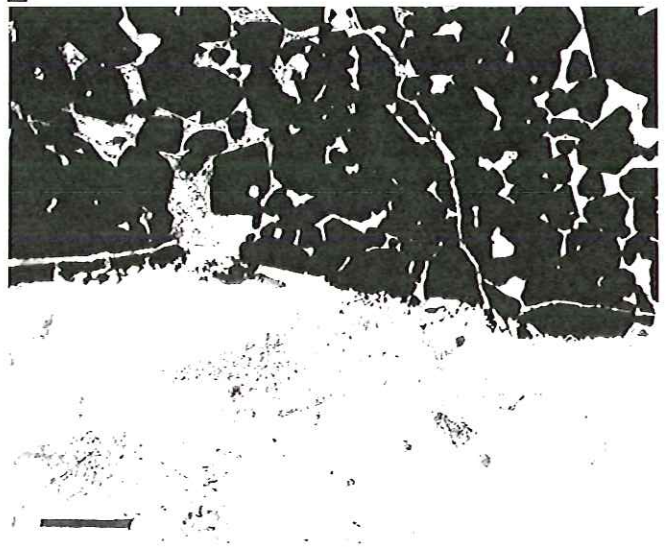
- Photo 1 - Chromite mantellique à texture massive présentant parfois des nuages de chromite disséminée. Les cristaux de chromite sont automorphes. Echantillon 134A, gisement de Kepenek-7, barre = 2,5 mm.
- Photo 2 - Chromite cumulative à texture massive. Le contact pyroxénite-chromite est franc. Les cristaux de chromite automorphes contiennent des inclusions silicatées (olivines, pyroxènes). Echantillon 92A, indice de Kepenek-7, barre = 1,6 mm.
- Photo 3 - Chromite disséminée. Echantillon 104A, gisement de Skatinë-Gëzhime, barre = 2,5 mm.
- Photo 4 - Chromite à texture rubanée. Trois rubans, d'unite sont visible : chromite massive, chromite disséminée. Echantillon 20A, gisement de Zogaj-5, barre = 2,6 mm.
- Photo 5 - Chromite à texture rubanée. Les rubans présentent différentes densités de grains de chromite. Echantillon 47A, gisement de Gjelaj, barre = 2,9 mm.
- Photo 6 - Chromite à texture en schlieren. Echantillon 76A, gisement de Kallmisht, barre = 2,4 mm.

PLANCHE I-5

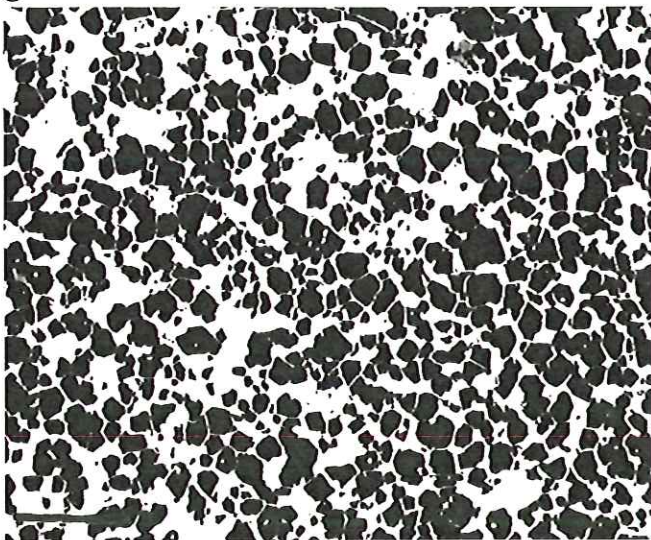
1



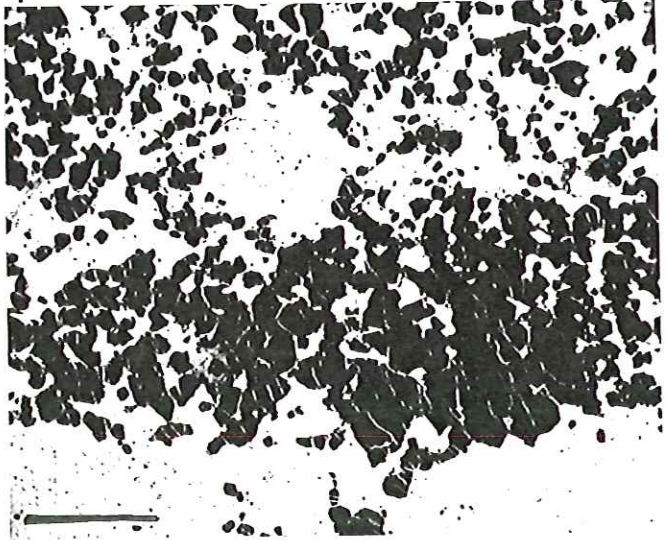
2



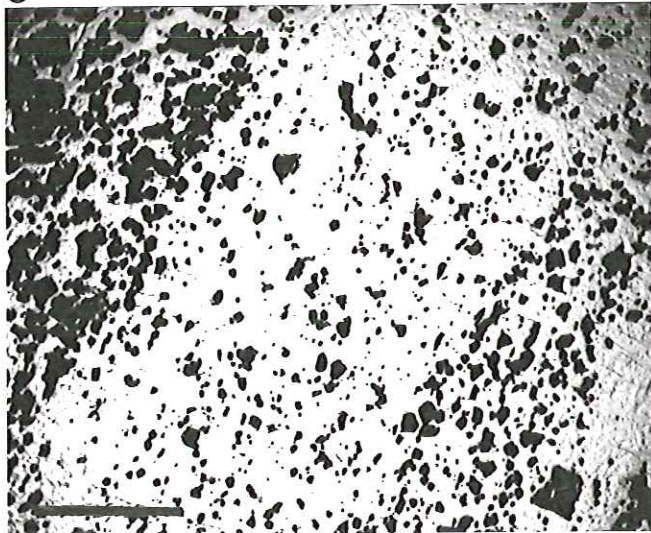
3



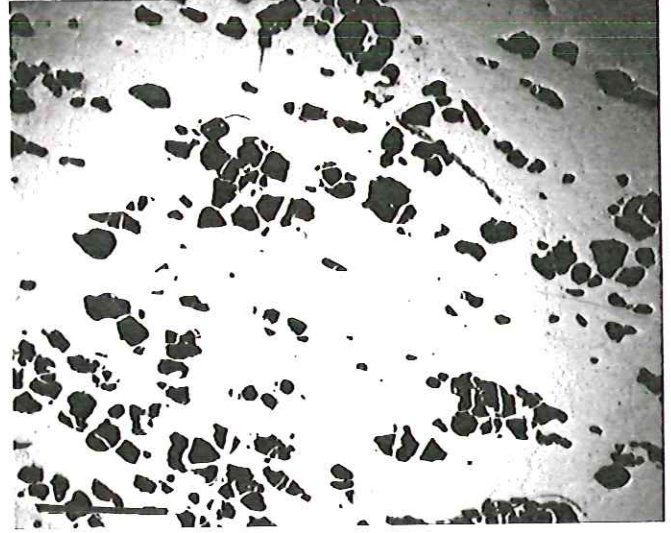
4



5



6



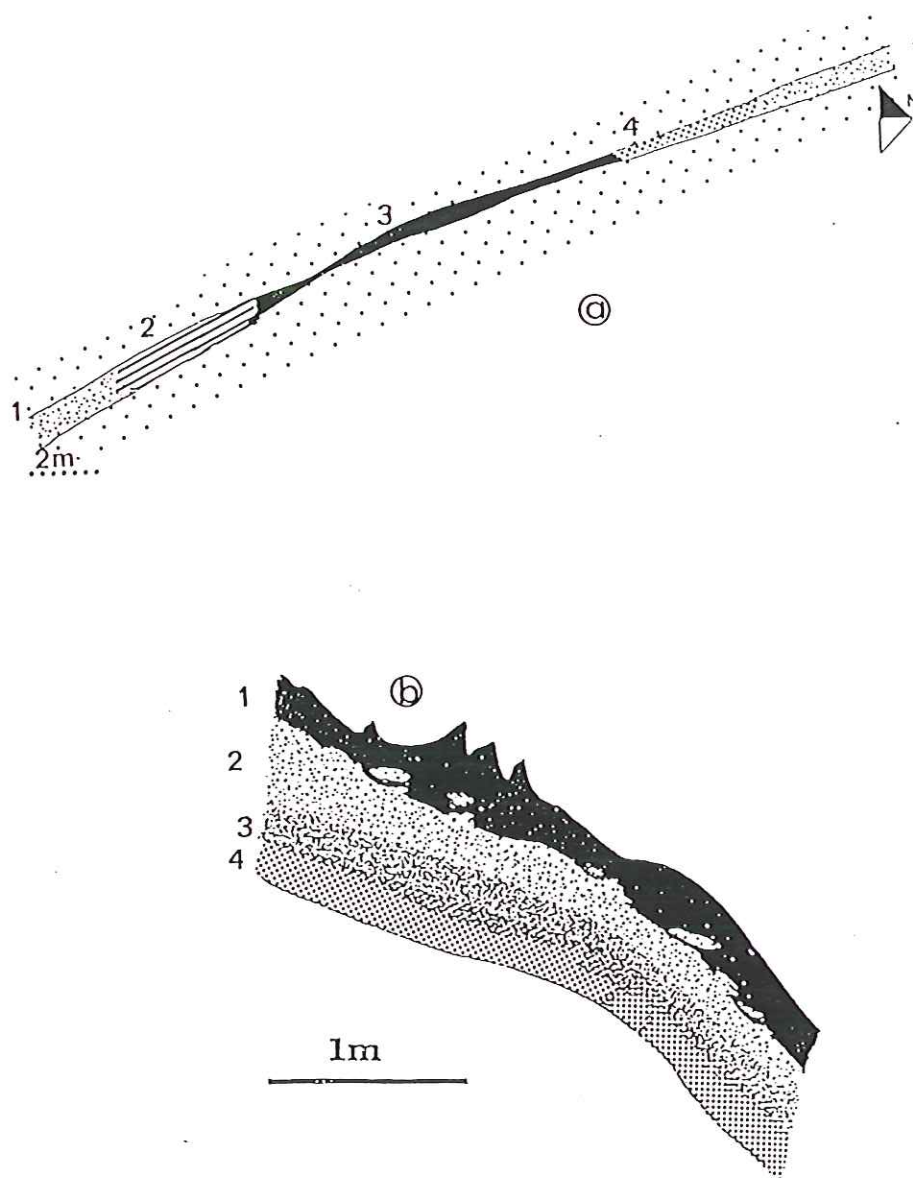


FIGURE II.54. -(a) : Organisation texturale selon l'allongement du corps minéralisé, gisement de Çabrat-4 : 1- Minerai disséminé ; 2- Minerai à texture rubanée ; 3- Minerai à texture massive ; 4- Minerai à texture nodulaire. (b)- Organisation texturale suivant l'épaisseur du corps minéralisé, gisement de Tpla : 1-Minerai à texture massive ; 2- Minerai disséminé ; 3-Minerai à texture antinodulaire ; 4- Minerai à texture nodulaire. Contact corps minéralisé-roche encaissante en dents de scie.

Çabrat-4 (Fig. II.54. A) et de l'indice de Lugu i Dërrasave. Dans les deux extrêmes du corps minéralisé du gisement de Çabrat-4 affleure le minerai disséminé, la centre étant occupé par du minerai massif entouré d'un côté par du minerai rubané et de l'autre côté par du minerai nodulaire ;

3) irrégulièrement (Photo Planche.). Ce dernier cas est assez courant. Des variations de textures sont parfois visible même dans un échantillon de quelques dizaines de cm.

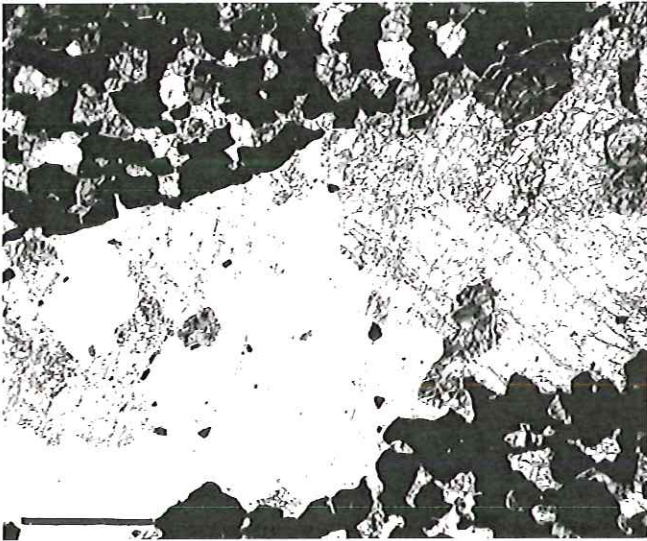
Le passage d'un type de minerai à un autre est soit graduel soit abrupt.

PLANCHE I-6

- Photo 1 - Minéral à texture rubanée. Un ruban de dunité encadré par deux lits de chromite disséminée. Echantillon 126A, gisement de Tpla, barre = 2,5 mm.
- Photo 2 - Minéral à texture nodulaire. Nodules de chromite très peu aplatis. Echantillon b/90, indice de Vrith, barre = 2,6 mm.
- Photo 3 - Nodule de chromite provenant du gisement de Tpla. Echantillon 36A, barre = 2,6 mm.
- Photo 4 - Minéral à texture orbiculaire (annulaire) très caractéristique du gisement de Maç. Les silicates interstitiels sont complètement serpentinisés. Echantillon 213, barre = 2,4 mm.
- Photo 5 - Minéral à texture bréchique. Enclaves de pyroxène dans la matrice chromifère. Les cristaux de chromite sont automorphes. Echantillon 35A, indice de Bregu 1 Bibès, barre = 2,8mm.
- Photo 6 - Minéral à texture antinodulaire. Les nodules sont composés d'olivine. Ce type de minéral est très caractéristique du gisement de Mejdan-1. Echantillon 138A, gisement de Kallmisht, barre = 2,5mm.

PLANCHE I-6

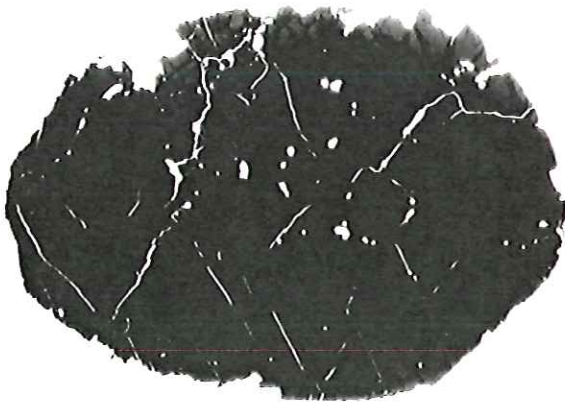
1



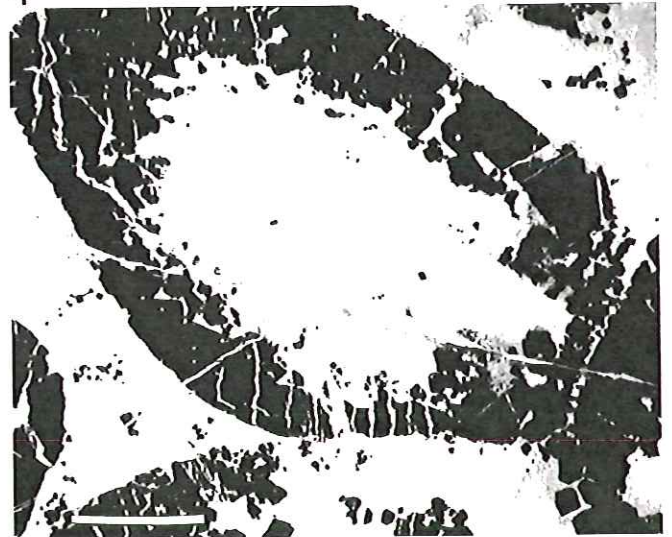
2



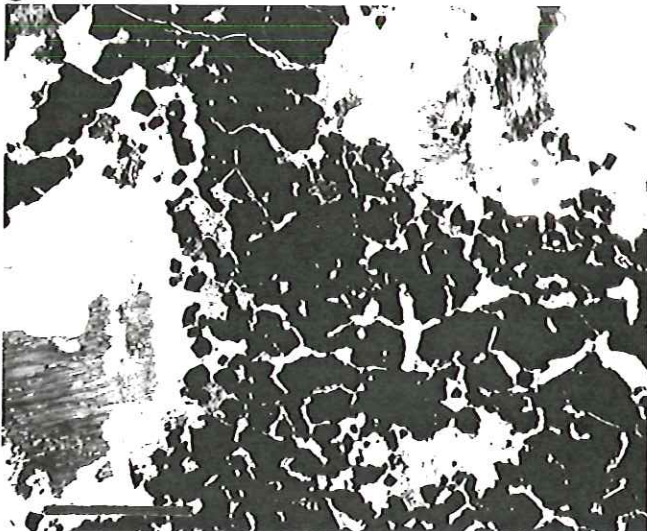
3



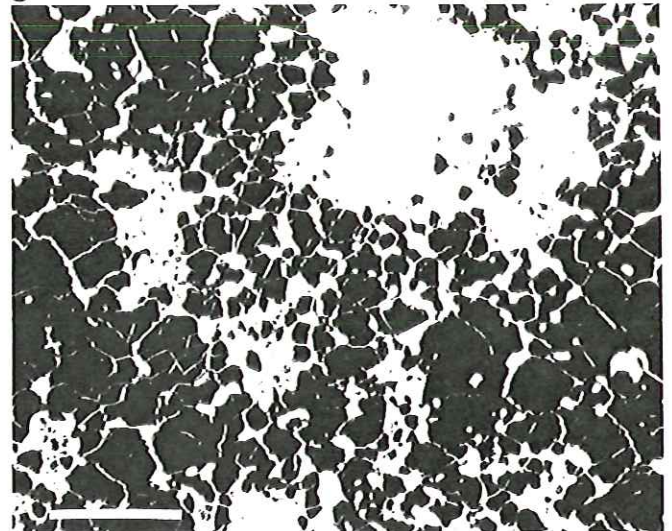
4



5



6



Certains gisements ne peuvent renfermer qu'un seul type de minerai. Ainsi, dans les gisements discordants (Dunishë, Lajthizë e Vjetër et Shpati i Gdhenit) le minerai est exclusivement constitué de chromite massive, ou dans le gisement subconcordant de Mejdan-1, le minerai est antinodulaire.

Des gisements concordants peuvent également présenter un seul type de minerai (gisement Rragam-1 à texture disséminée), mais la plupart des gisements concordants présentent deux ou plusieurs types de minerai.

III.2. Composition chimique des minerais.

En, général, il n'y a pas de variations chimiques systématiques de la composition des chromites en fonction de la texture.

Dans le secteur C, les chromites disséminées apparaissent, plus riches en Al (Fig. II.55.) que les chromites massives qui leur sont postérieures. Les chromites à texture rubanée et/ou en schlieren sont les moins riches en Al.

Dans le secteur B (Fig. II.56.), les teneurs en Al^* sont plus ou moins constantes ($16 < 100 * Al / (Cr + Al + Fe^{3+}) < 19$) pour des valeurs en Mg^* qui varient beaucoup ($61 < 100 * Mg / (Mg + Fe^{2+}) < 77$), le minerai massif étant le moins riche en Mg^* .

Dans le secteur A, les minerais massifs présentent des variations assez larges des rapports $Al / (Cr + Al + Fe^{3+})$ et $Mg / (Mg + Fe^{2+})$ (Fig. II.57). Le premier oscille entre 13 et 33 et le deuxième entre 52 et 72. Les minerais nodulaires et antinodulaire présentent une corrélation positive entre ces rapports. Le minerai disséminé est le plus riche en Mg^* ($68 < 100 * Mg / (Mg + Fe^{2+}) < 74$).

Dans le secteur A, le minerai massif (échantillon 142A) du gisement de Çabrat-1 est beaucoup moins riche en Al^* ($27 < 100 * Al / (Cr + Al + Fe^{3+}) < 33$) et plus riche en Mg^* ($57 < 100 * Mg / (Mg + Fe^{2+}) < 63$) que le minerai disséminé (échantillon 143A) du même gisement ($100 * Al / (Cr + Al + Fe^{3+}) = 21$) ; ($71 < 100 * Mg / (Mg + Fe^{2+}) < 74$) (Fig. II.58.).

Dans le gisement de Ura e Kamenës (niveau 3), le minerai nodulaire (échantillon 140A) est plus riche en Al^* que le minerai massif (141A) du même gisement (Fig. II.58.).

Pour les gisements de Tpla (secteur B), on ne peut pas mettre en évidence de variations de composition entre minerai nodulaire et disséminé (Fig. II.58.).

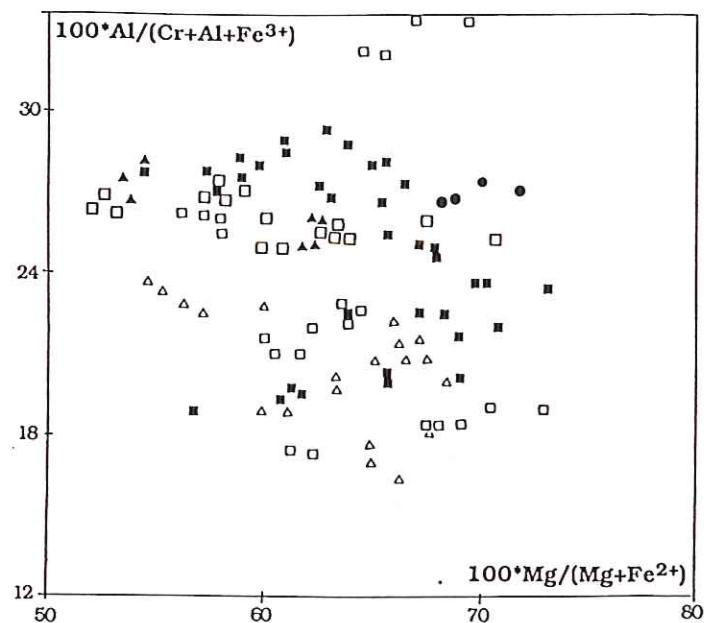


FIGURE II.55. -Variations de la composition chimique des chromites en fonction de la texture, secteur C. Carrés noirs, Minéral disséminé ; Carrés blancs, Minéral à texture massive ; Cercles noirs, Minéral à texture nodulaire ; Triangles noirs, Minéral à texture orbiculaire ; Triangles blancs, Minéral à texture rubanée et en schlieren.

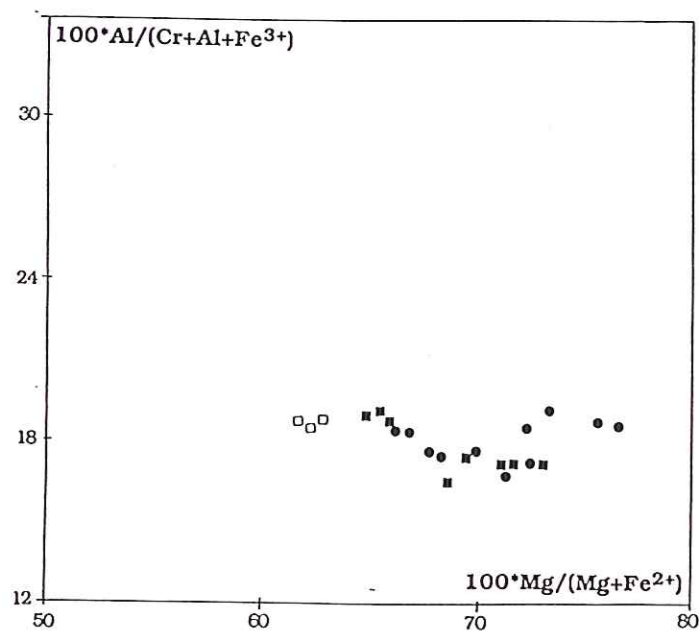


FIGURE II.56. -Variations de la composition chimique des chromites en fonction de la texture, secteur B. Légende cf. Fig. II.55.

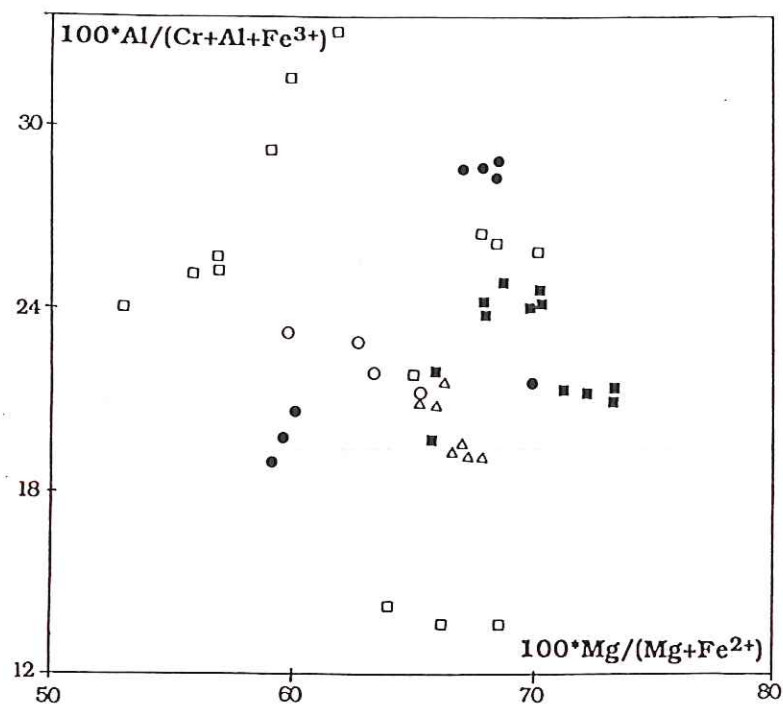


FIGURE II.57. -Variations de la composition chimique des chromites en fonction de la texture, secteur A. Légende cf. Fig. II.55.

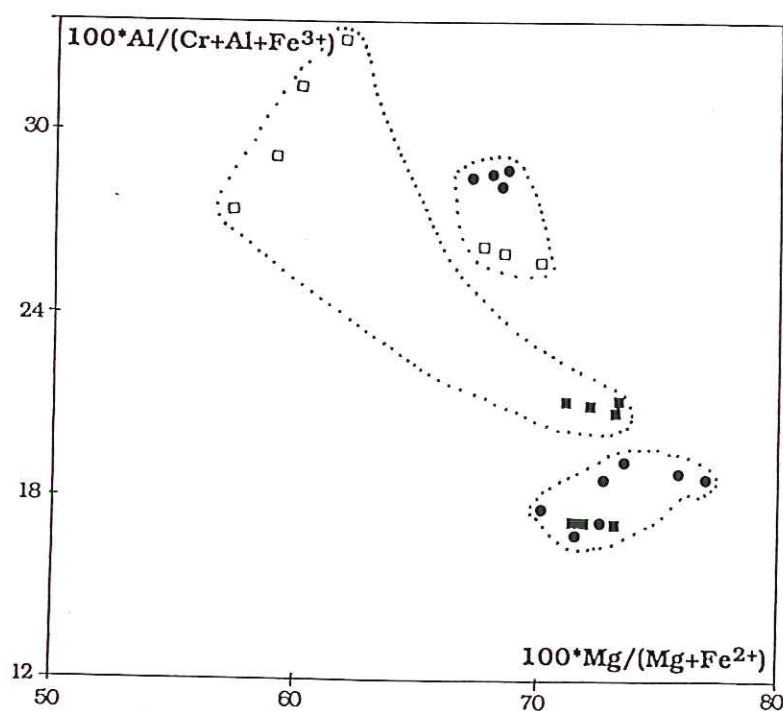


FIGURE II.58. -Variations de la composition chimique des chromites en fonction de la texture au sein d'un gisement. Chaque enveloppe représente un gisement. Légende cf. Fig. II.55.

III.3. Conclusions de l'étude texturale.

Tous les principaux types de textures sont présents dans le massif de Tropoja. La répartition de différents type de minéral en fonction des gisements n'est pas fortuite.

Dans les gisements discordants et plus rarement subconcordants, la répartition des textures ne varie pas beaucoup.

Les gisements discordants présentent préférentiellement du minéral à texture massive (Lajthizë e Vjetër, Shpati i Gdhenit) qui a subi une déformation de faible intensité.

Les gisements subconcordants préservent une partie du minéral à texture massive mais nous avons de nouveaux types de minéral tels que les minéral nodulaire, antinodulaire, rubané et disséminé.

Dans les gisements concordants, le minéral disséminé est bien développé. Il est associé à des minéraux massifs, nodulaires souvent bien aplatis, rubanés et en schlieren. Ce dernier peut représenter un ancien minéral nodulaire très déformé. Les structures de ces minéraux témoignent d'une forte déformation.

La modification des types de minéral témoigne d'une augmentation de la déformation à partir des gisements discordants vers les gisements concordants.

La composition chimique du minéral ne présente pas de variations systématiques, mais les variations chimiques sont aux trois secteurs (A, B, C) du massif.

CHAPITRE IV

IV. COMPOSITION CHIMIQUE DES CHROMITES.

IV.1. INTRODUCTION.

L'étude sur la composition chimique des chromites est basée sur environ 400 analyses chimiques à la microsonde (Tabl. I-2) pour les chromites mantelliques, environ 100 analyses (Tabl. I-3) pour les chromites cumulatives et 14 analyses chimiques sur roche totale (Tabl. I-41).

Les analyses monominérales ont été effectuées au laboratoire de microanalyse BRGM-CNRS sur les microsondes automatisées "CAMEBAX" MICROBEAM et "SX50". Les conditions opératoires ont été les mêmes que pour les minéraux des roches, décrites dans la partie précédente.

L'étude va être menée d'une part sur les chromitites mantelliques, en opposant les gisements des trois secteurs du massif, et d'autre part sur les chromitites cumulatives où nous allons opposer les différents gisements étudiés (Bregu i Bibës, Shpati i Dajçit, Skatinë-Gëzhime, Maja e Sukës, Vlad et Vrith).

IV.2. COMPOSITION CHIMIQUE DES CHROMITES MANTELLIQUES.

La composition chimique des chromites est très variable. Des variations considérables peuvent être mises en évidence à plusieurs échelles :

Ainsi, les chromites cumulatives sont plus riches en Fe et en Cr que les chromites mantelliques (Fig. II.59.).

Des variations ont été mises en évidence dans le manteau entre les trois secteurs du massif, entre les gisements du même niveau, entre différents minéraux au sein du même gisement et enfin, dans le même cristal de chromite du centre vers la bordure.

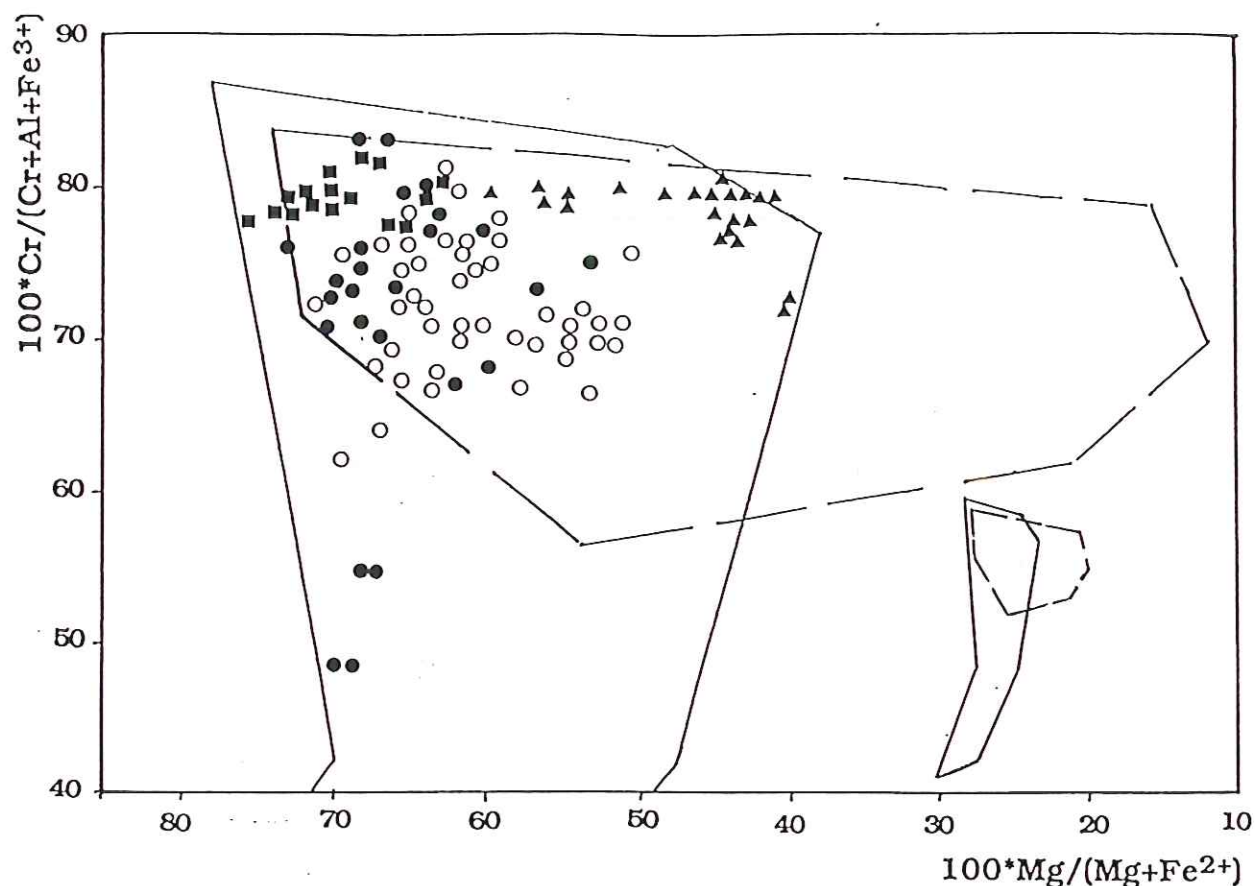


FIGURE II.59. -Variations de la composition chimique des chromites en fonction de la répartition géographique des gisements. Carrés noirs, Secteur B ; Cercles noirs, Secteur A ; Cercles blancs, Secteur C, Triangles noirs, Gisements cumulatifs. D'après Greenbaum (1977).

IV.2.1. Variations de de composition des chromites mantelliques entre les trois secteurs.

La composition chimique des chromites des trois secteurs présente de larges variations. Ce sont les éléments majeurs (Fe, Cr, Al, Mg) qui présentent les variations les plus importantes.

Ainsi, dans le diagramme $100 \cdot \text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+})$ en fonction de $100 \cdot \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})$ (Fig. II.59.) on observe que les valeurs du premier rapport oscillent entre 50 et 75 tandis que les valeurs du deuxième rapport varient entre 48 et 84. Les chromites du secteur B sont les plus riches en Cr tandis que celles du secteur C sont plus riche en Fe, les chromites du secteur A sont intermédiaires.

L'enrichissement en Cr des chromites du secteur B par rapport aux chromites des autres secteurs est également exprimé dans le diagrammes triangulaire Cr-Al-Fe³⁺ (Fig. II.60.). Ce diagramme met également en évidence

l'appauvrissement en Fe^{3+} des chromites du secteur A et l'enrichissement en Al de certaines chromites, riches en EGP, de ce même secteur A.

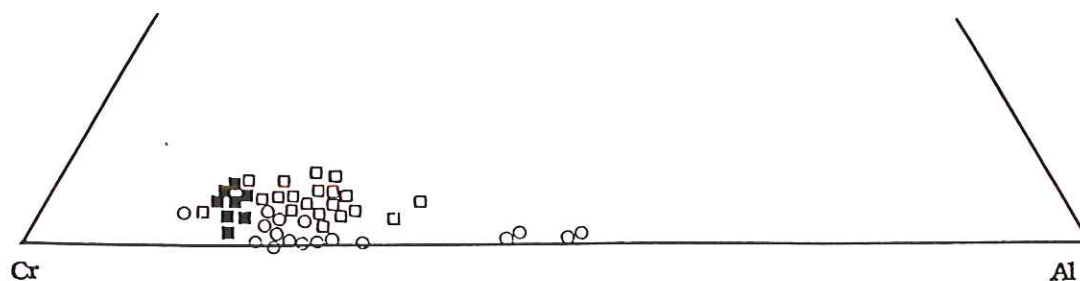


FIGURE II.60. -Composition chimique des chromites mantelliques en fonction de la répartition géographique des gisements. Légende cf. Fig. précédente.

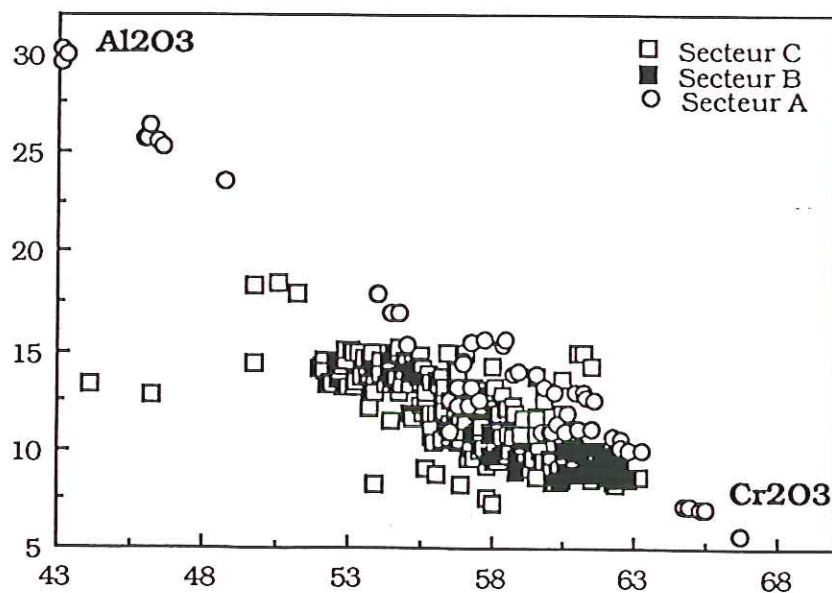


FIGURE II.61. -Corrélation négative entre les teneurs en Al_2O_3 et en Cr_2O_3 enrichissement en Cr_2O_3 des chromites du secteur C.

Le diagramme Al_2O_3 en fonction de Cr_2O_3 (Fig. II.61.) montre encore une fois l'enrichissement en Cr_2O_3 des chromites du secteur B. Pour les chromites du secteur A il existe une très bonne corrélation négative entre ces deux oxydes qui, au même temps présentent des larges variations ($5\% < \text{Al}_2\text{O}_3 < 31\%$; $43\% < \text{Cr}_2\text{O}_3 < 67\%$).

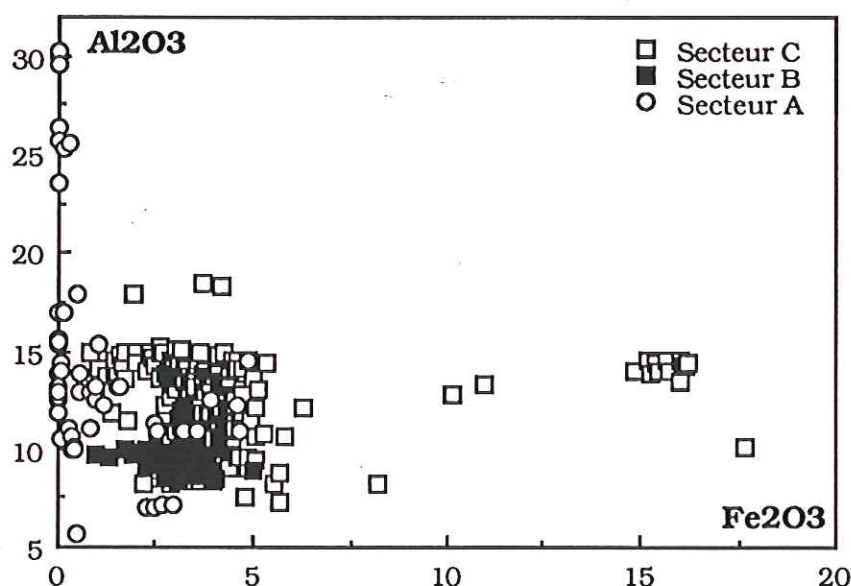


FIGURE II.62. -Corrélation entre les teneurs en Al_2O_3 et en Fe_2O_3 , appauvrissement en Al_2O_3 des chromites du secteur A.

L'appauvrissement en Fe_2O_3 des chromites du secteur A est bien exprimé dans le diagramme Al_2O_3 - Fe_2O_3 (Fig. II.62). Pour la plupart des analyses de chromites de ce secteur les teneurs en Al_2O_3 sont pratiquement nulles. Les chromites du secteur C présentent une large variation des teneurs en Fe_2O_3 ($1\% < \text{Fe}_2\text{O}_3 < 17,5\%$).

La plupart des analyses des chromites du massif sont regroupées dans les fourchettes : $7\% < \text{Al}_2\text{O}_3 < 15\%$; $0\% < \text{Fe}_2\text{O}_3 < 5\%$.

Dans le diagramme Al_2O_3 - MgO (Fig. II.63.) on observe un léger enrichissement en Mg de chromites des secteurs A et B par rapport à leur équivalents du secteur C. Le diagramme en question montre également une corrélation

positive entre ces oxydes pour les chromitites riches en Al (voir en EGP) du secteur A (échantillons 139A; 142A; 146A).

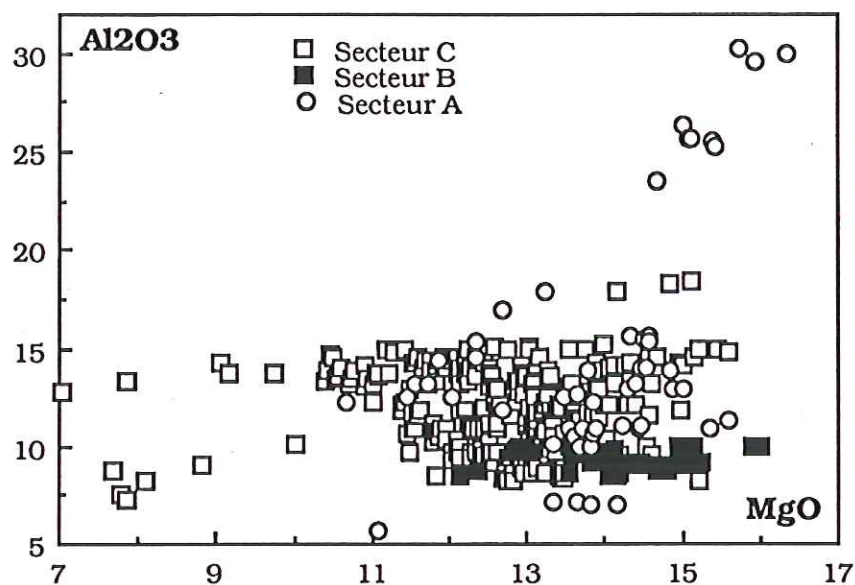


FIGURE II.64. -Corrélation entre les teneurs en Al_2O_3 et en MgO . Enrichissement en MgO des chromitites des secteurs et B, corrélation positive pour les chromitites riches en Al_2O_3 (Voir en EGP).

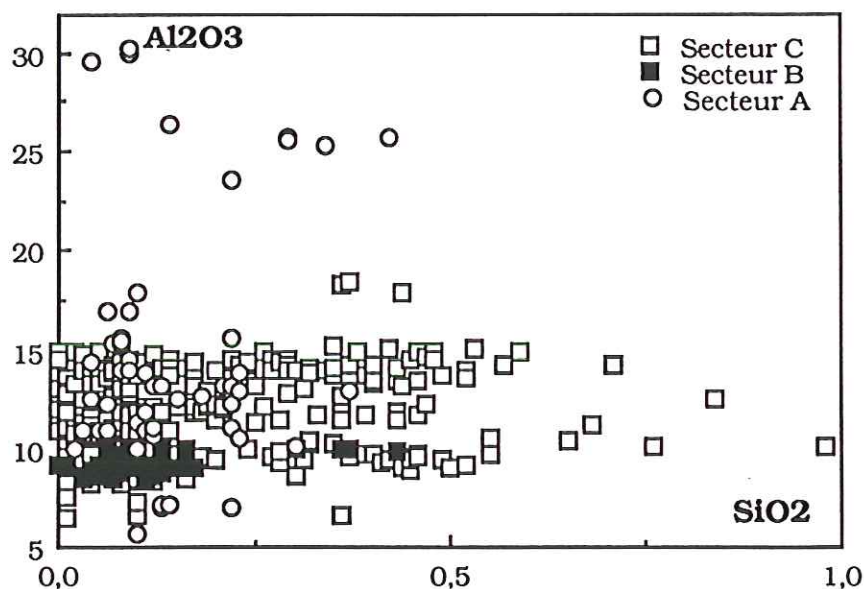


FIGURE II.65. -Corrélation entre les teneurs en Al_2O_3 et en SiO_2 . Large variation des teneurs en SiO_2 pour les chromitites du secteur C

A noter une large variations des teneurs en SiO_2 (Fig. II.65.) des chromites du secteur C pour des teneurs en Al_2O_3 variant entre 6 et 16%.

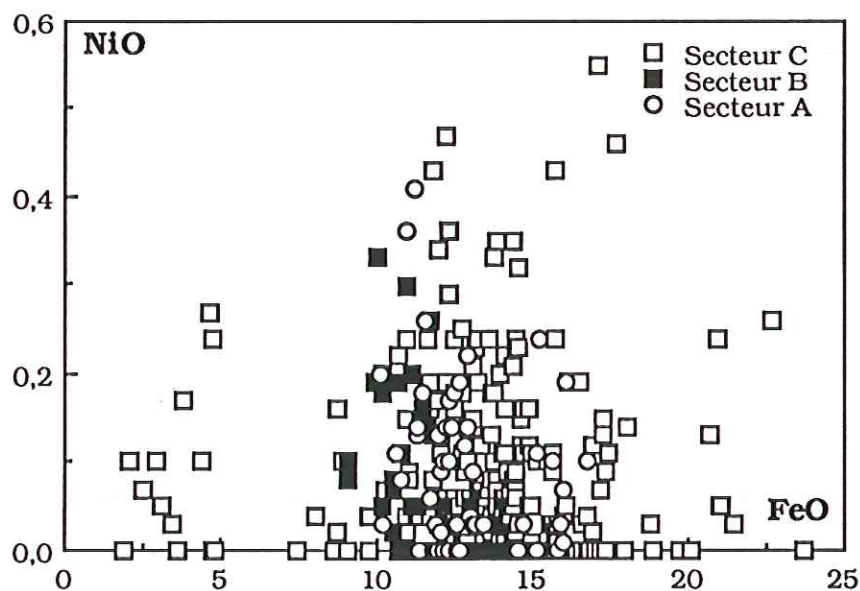


FIGURE II.66. -Distribution des teneurs en NiO en fonction de celles en FeO.

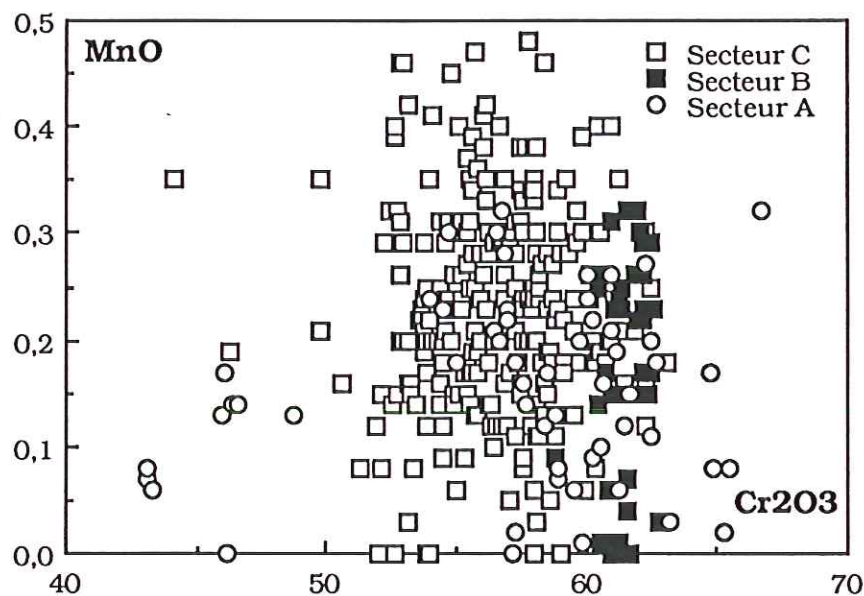


FIGURE . II.67 -Distribution des teneurs en MnO en fonction de celles en Cr_2O_3

MnO (Fig. II.67.) et NiO (Fig. II.66.) présentent des larges variations de

leurs teneurs. Pour les chromites C du secteur B les teneurs en MnO varient entre 0% et 0,35% pour des teneurs en Cr_2O_3 constantes (61-62%).

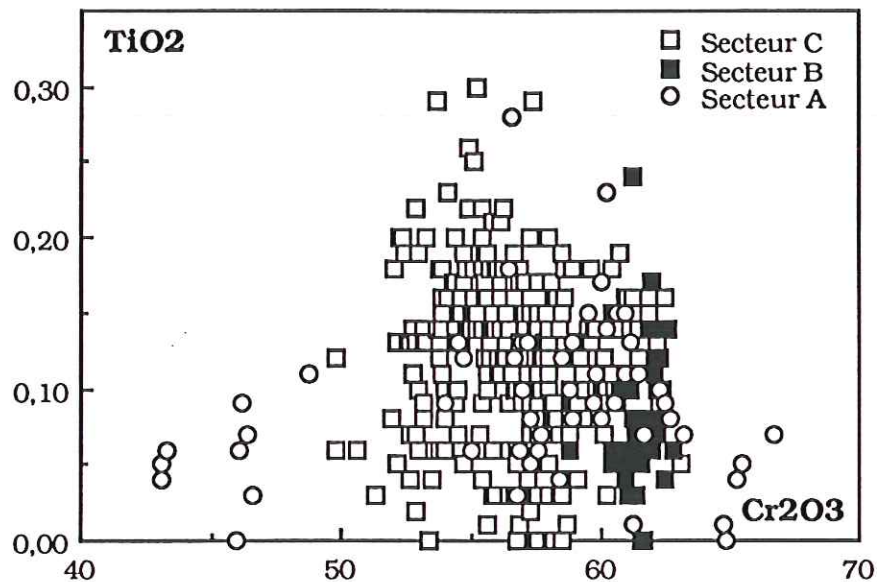


FIGURE II.68. -Distribution des teneurs en TiO_2 en fonction de celles en Cr_2O_3

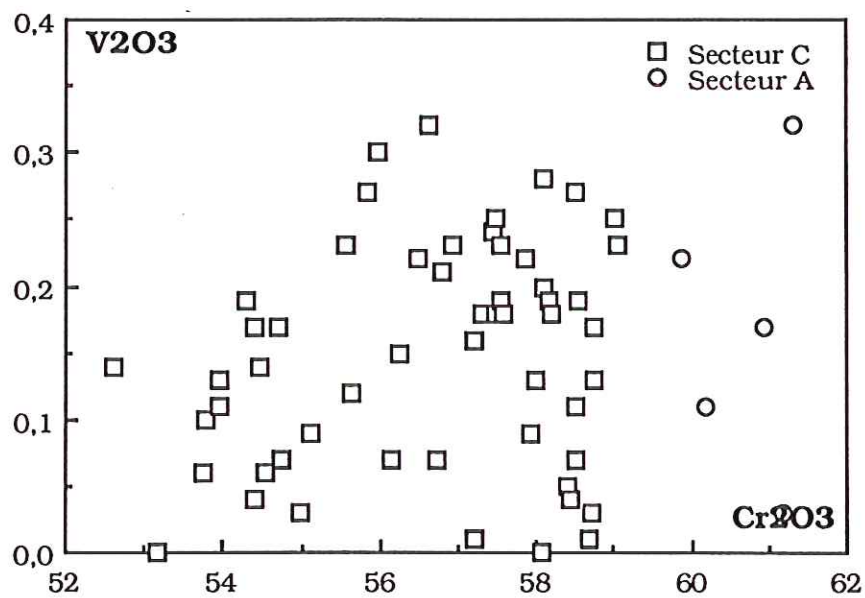


FIGURE II.69. -Distribution des teneurs en V_2O_3 en fonction de celles en Cr_2O_3

Les teneurs en FeO (Fig. II.66.) pour les chromites du secteur C sont très variables, entre 2% et 24%. Le même diagramme montre que la plupart des analyses de chromite du massif ont des teneurs en NiO qui varient entre 0 et 0,3% (Fig. II.66.).

Les teneurs en TiO_2 (Fig. II.68.) varient entre 0 et 0,3%. Certaines chromites du secteur C sont les plus enrichies.

Les teneurs en V_2O_3 n'ont été analysées que pour les chromites du secteur C et pour certaines chromites du secteur A (4 analyses). Ces teneurs varient entre 0 et 0,35% (Fig. II.69.).

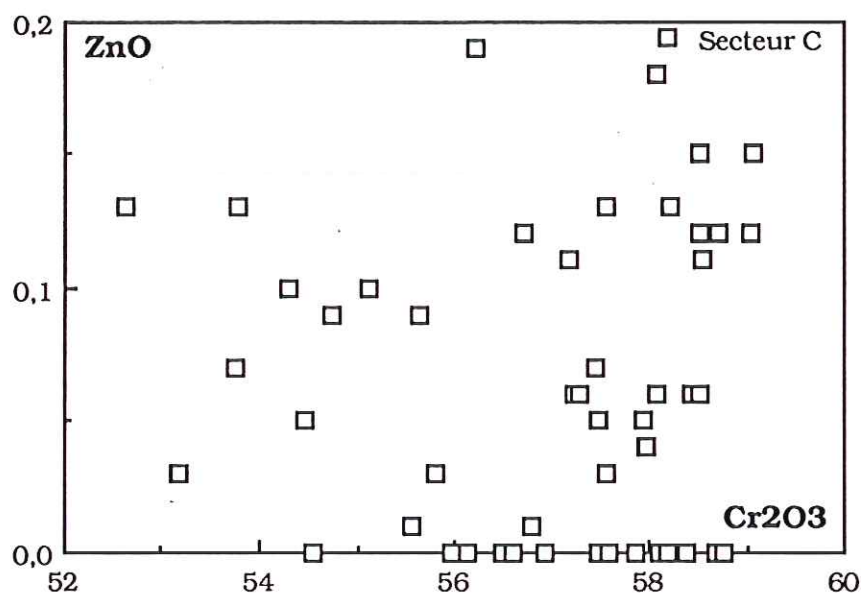


FIGURE II.70. -Distribution des teneurs en ZnO en fonction de celles en Cr_2O_3

De même, les teneurs en ZnO (Fig. II.70.) n'ont été analysées que pour les chromites du secteur C. Elles varient entre 0 et 0,2%.

IV.2.2. Variation de la composition chimique selon les niveaux minéralisés.

Pour illustrer les variations de la composition chimique des chromites au sein du même niveau minéralisé nous avons établi le diagramme $100 \cdot \text{Cr} / (\text{Cr} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+})$ en fonction du rapport $100 \cdot \text{Mg} / (\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})$ (Fig. II.71.). Ce diagramme nous donne les variations des éléments majeurs de la chromite. Il

est établi pour les gisements du secteur A dont l'appartenance à un niveau bien défini est connue.

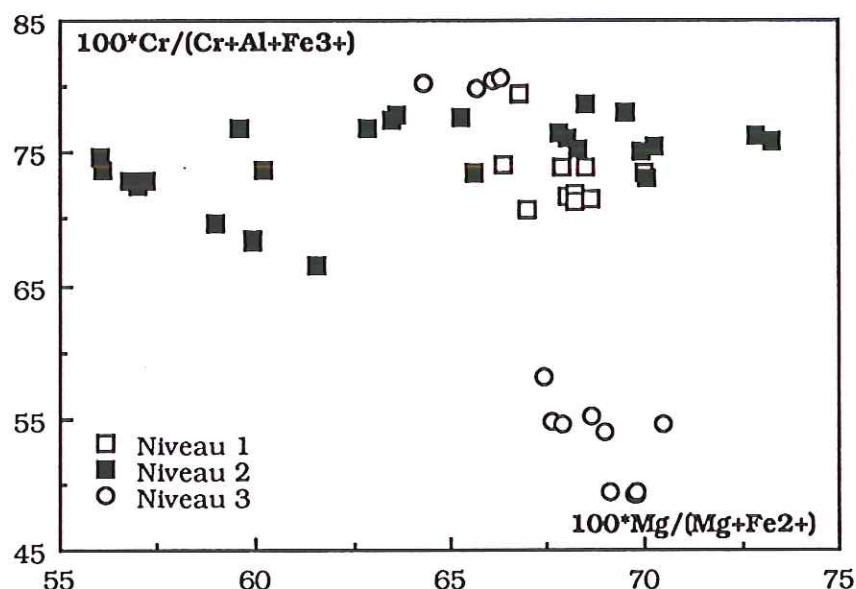


FIGURE II.71. -Distribution des valeurs du rapport $100 \cdot \text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+})$ en fonction de celles du rapport $100 \cdot \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})$ pour les trois niveaux minéralisés.

Mise à part l'enrichissement en Al d'une partie des gisements du niveau 3 on ne peut pas distinguer une composition chimique type pour chaque niveau minéralisé.

Les valeurs du rapport $100 \cdot \text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+})$ et celle du rapport $100 \cdot \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})$ varient respectivement : entre 65 et 80 et entre 56 et 74.

IV.2.3. Variations de la composition chimique au sein des gisements.

Des telles variations sont surtout liées aux différents types de minéral. Dans le chapitre précédent nous avons vu les variations de la composition chimique (Fig. II.58.) entre le minéral massif et celui disséminé du gisement Çabrat-1 (échantillons 142A et 143A), niveau 2 de la minéralisation dans le secteur A, et entre le minéral disséminé et celui nodulaire (échantillons 140A

et 141A) du gisement Ura e Kamenës, niveau 1 du secteur A. Par contre, les compositions chimiques des chromites du secteur B, pour n'importe quel type de minerai et n'importe quel gisement, sont beaucoup plus homogènes.

IV.2.4. Variation de la composition chimique à petite échelle.

On appelle variation de la composition chimique en petit échelle :

- les variations vers la bordure des grains, avec un enrichissement en Fe de la chromite, formant parfois des couronnes de magnétite autour de chromite
- les variations de la composition chimiques entre les chromites près du MGP et celles qui en sont éloignées. Ce dernier type de variation va être discuté plus en détail dans la partie suivante.

Le diagramme $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-Cr}_2\text{O}_3$ (partie suivante) présente des bonnes corrélations négatives entre les teneurs en Cr_2O_3 et celles en Fe_2O_3 pour chaque gisement (pode) mantellique à différentes concentrations de Cr_2O_3 . Ceci suggère l'hypothèse de plusieurs injections minéralisées dans le manteau.

IV.3. Relations entre les spinelles des chromitites, et celles des dunites d'éponte et des harzburgites.

Dans le but de comparer la composition chimique des spinelles chromifères des chromitites avec celles des spinelles accessoires des dunites d'éponte et des harzburgites qui leur sont associées, nous avons échantillonné sur 11 gisements des chromitites, des dunites d'éponte et des harzburgites.

Observant les diagrammes $100*\text{Cr}/(\text{Cr}+\text{Al}+\text{Fe}^{3+})\text{-}100*\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+})$ pour chacun des 11 gisements échantillonnés deux choses sont claires : l'enrichissement en $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+})$ des spinelles chromifères de tous les corps minéralisés par rapport aux autres spinelles et la corrélation négative entre ces deux rapports pour chaque type de spinelle. Donc, dans chaque diagramme nous avons trois corrélations (chromitites, dunites d'éponte et harzburgites) à des différents niveau ce qui impliquerait, peut-être, des origines différentes de ces spinelles. A l'exception de l'indice discordant Dunishë, où ces corrélations sont positives qui sont peut-être liées à la nature discordante de cet indice.

IV.3.1. Les gisements du secteur A.

IV.3.1.1. Qafa e Luzhës.

Les deux échantillons de ce gisement représentent une chromite (21/7S) et une dunite d'éponte (115N). Les spinelles chromifères sont plus riches en Mg ($63 < 100 \cdot \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+}) < 66$) et moins riches en Cr ($75 < 100 \cdot \text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+}) < 76$) que les spinelles accessoires des dunites d'éponte : $58 < 100 \cdot \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+}) < 62$; $75,6 < 100 \cdot \text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+}) < 76,4$. Les deux spinelles présentent des corrélations négatives entre ces rapports (Fig.II.72.).

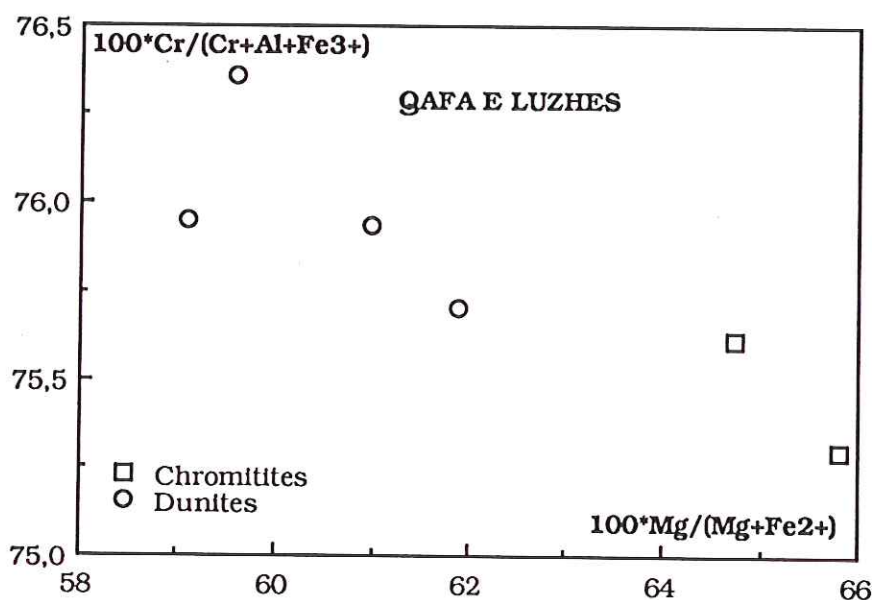


FIGURE II.72. -Corrélation entre le rapport $100 \cdot \text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+})$ et le rapport $100 \cdot \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})$ pour les spinelles chromifères et les spinelles accessoires des dunites d'éponte. Enrichissement en $\text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})$ et appauvrissement en $\text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+})$ des spinelles des chromitites, Gisement de Qafa e Luzhës.

IV.3.1.2. Shtegu i Rragamit.

La composition des spinelles des trois échantillons représentant une chromite (258), une dunite d'éponte (257) et une harzburgite (259) sont projetés dans le diagramme de la figure II.73. Les spinelles des chromitites et

ceux accessoires des harzburgites sont également riches en $Mg/(Mg+Fe^{2+})$ ($65 < 100 * Mg/(Mg+Fe^{2+}) < 70$), mais beaucoup plus riches que les spinelles accessoires des dunites d'éponte ($47 < 100 * Mg/(Mg+Fe^{2+}) < 54$).

Les teneurs en Cr separent bien les spinelles chromifères des spinelles accessoires des harzburgites. Les premiers sont beaucoup plus riches en $Cr/(Cr+Al+Fe^{3+})$ ($100 * Cr/(Cr+Al+Fe^{3+})$ d'environ 78) que les deuxième ($100 * Cr/(Cr+Al+Fe^{3+}) \approx 45$). Les spinelles accessoires des dunites d'éponte ont des comositions intermédiaires ($100 * Cr/(Cr+Al+Fe^{3+}) \approx 68$).

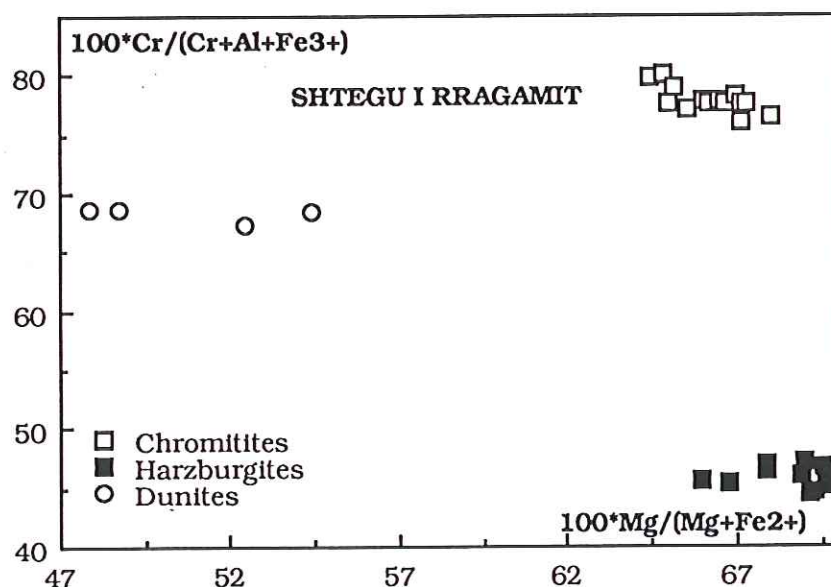


FIGURE II.73. -Corrélation entre le rapport $100 * Cr/(Cr+Al+Fe^{3+})$ et le rapport $100 * Mg/(Mg+Fe^{2+})$ pour les spinelles chromifères et les spinelles accessoires des dunites d'éponte et des harzburgites. Gisement de Shtegu i Rragamit.

IV.3.2. Les gisements du secteur B.

IV.3.2.1. Indice de Dunishë.

Dans cet indice, comme pour les autres gisements, les spinelles chromifères (échantillon 120A) sont plus riches en $100 * Mg/(Mg+Fe^{2+})$ (≈ 65) et en Cr^* ($66,5 < 100 * Cr/(Cr+Al+Fe^{3+}) < 78$). Les spinelles accessoires des harzburgites sont les moins riches en Cr^* ($100 * Cr/(Cr+Al+Fe^{3+})$ entre 71, et 72) et en Mg^* ($47 < 100 * Mg/(Mg+Fe^{2+}) < 50$).

Les corrélations entre ces rapport pour chaque type de roche sont positives (Fig. II.74.).

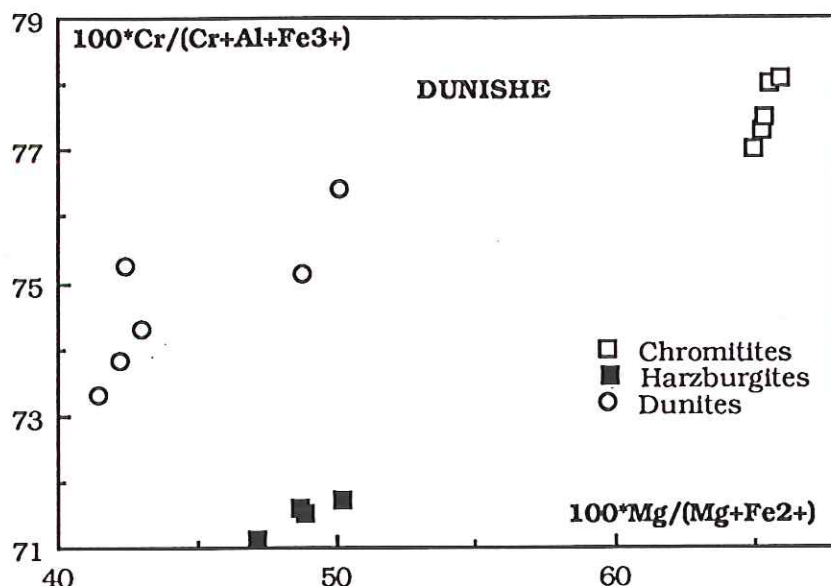


FIGURE II.74. -Corrélation entre le rapport $100 \cdot \text{Cr}/(\text{Cr}+\text{Al}+\text{Fe}^{3+})$ et le rapport $100 \cdot \text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+})$ pour les spinelles chromifères et les spinelles accessoires des dunites d'éponte et des harzburgites de l'indice de Dunishë. Corrélations positives entre ces rapport pour différents types de roches.

IV3.2.2. Indice de Veterr.

Chaque type de minéral présente une corrélation négative (Fig. II.75.).

Les spinelles chromifères (échantillon 169A) sont les plus riches en Mg^* ($62,5 < 100 \cdot \text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+}) < 64$) et en Cr^* ($78 < 100 \cdot \text{Cr}/(\text{Cr}+\text{Al}+\text{Fe}^{3+}) < 80$) que les autres spinelles. Les spinelles accessoires des harzburgites (échantillons 167A et 171A) sont les moins riches en Mg^* ($55,5 < 100 \cdot \text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+}) < 58,5$) et en Cr^* ($62 < 100 \cdot \text{Cr}/(\text{Cr}+\text{Al}+\text{Fe}^{3+}) < 67,5$). Les spinelles accessoires des dunites d'éponte (échantillons 168A et 170A) sont intermédiaire ($61 < 100 \cdot \text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+}) < 63$) ($69 < 100 \cdot \text{Cr}/(\text{Cr}+\text{Al}+\text{Fe}^{3+}) < 75$).

Ces corrélations négatives sont échelonnées en fonction de Mg^* .

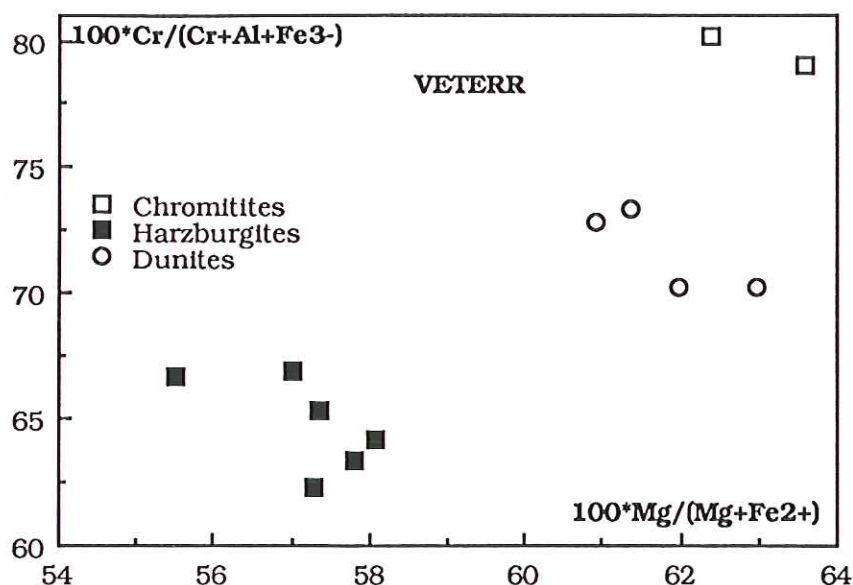


FIGURE II.75. -Corrélation entre le rapport $100 \cdot \text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+})$ et le rapport $100 \cdot \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})$ pour les spinelles des chromitites et les spinelles accessoires des dunites d'éponte et des harzburgites de l'indice de Veterr.

IV.3.2.3. Gisement de Tpla.

Les spinelles des chromitites (échantillons 36A, 125A et 126A) sont beaucoup plus riches en Mg ($68 < 100 \cdot \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+}) < 76$), ils sont également plus riches en Cr ($76,5 < 100 \cdot \text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+}) < 79,5$) que les spinelles accessoires des dunites d'éponte (123A) ($41,5 < 100 \cdot \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+}) < 43,5$) ; ($75,3 < 100 \cdot \text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+}) < 75,9$). Les corrélations négatives pour les deux roches sont bien exprimées (Fig. II.76).

IV.3.2.4. Gisement Gryka e Keqe.

Comme dans le gisement de Tpla, les spinelles des chromitites (échantillon 162A) sont beaucoup plus riches en Mg ($65 < 100 \cdot \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+}) < 70$) et en Cr ($78,1 < 100 \cdot \text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+}) < 80,3$) que les spinelles accessoires des dunites d'éponte (échantillon 163A) ($45 < 100 \cdot \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+}) < 50$) ; ($76,9 < 100 \cdot \text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+}) < 78$) (Fig. II.77.).

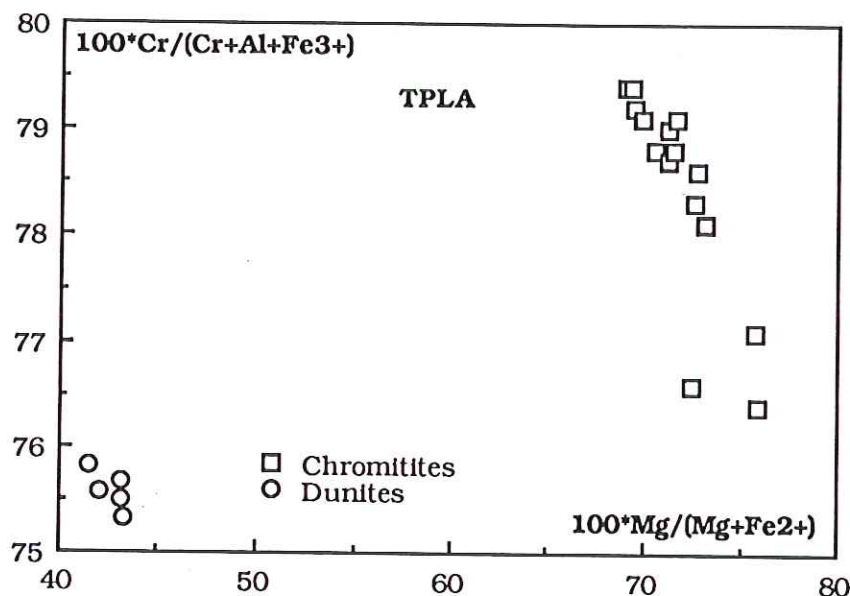


FIGURE II.76. -Corrélation entre le rapport $100 \cdot \text{Cr}/(\text{Cr}+\text{Al}+\text{Fe}^{3+})$ et le rapport $100 \cdot \text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+})$ pour les spinelles des chromitites et les spinelles accessoires des dunites d'éponte du gisement de Tpla .

Si l'on juxtapose le diagramme du gisement de Tpla à celui du gisement de Gryka e Keqe, on voit que les spinelles des chromitites du gisement de Tpla sont plus riches en Mg^* , tandis que les spinelles accessoires des dunites d'éponte du même gisement en sont moins riches. Donc, les corrélations entre ces rapports pour tous les gisements et également pour tous les types de roches sont parallèles, ce qui renforce l'idée de plusieurs injections magmatiques.

IV.3.3. Les gisements du secteur C.

IV.3.3.1. Gisement de Zogaj-Fushë.

Le diagramme (Fig.II.78..) établi pour ce gisement montre trois corrélations négatives : une pour les spinelles des chromitites (échantillon 24A) ; une pour les spinelles accessoires des dunites d'éponte et une pour les spinelles accessoires des harzburgites. Les spinelles des chromitites sont plus riches en Mg^* ($64 < 100 \cdot \text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+}) < 69$) et en Cr^* ($71 < 100 \cdot \text{Cr}/(\text{Cr}+\text{Al}+\text{Fe}^{3+}) < 76$) que les autres spinelles. Les spinelles accessoires des harzburgites (échantillon 22A) sont les moins riches en Mg

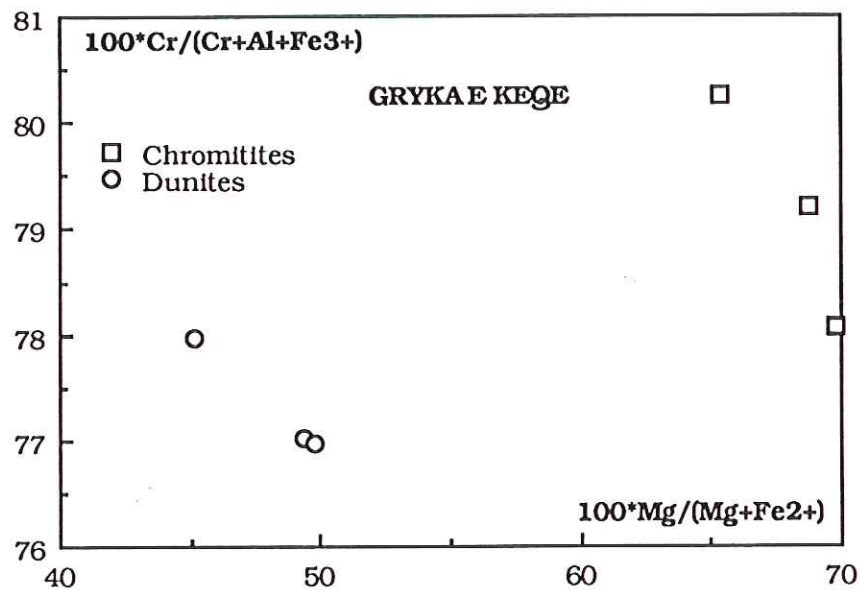


FIGURE II.77. -Corrélation entre le rapport $100 \cdot \text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+})$ et le rapport $100 \cdot \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})$ pour les spinelles des chromitites et les spinelles accessoires des dunites d'éponte du gisement de Gryka e Keqe.

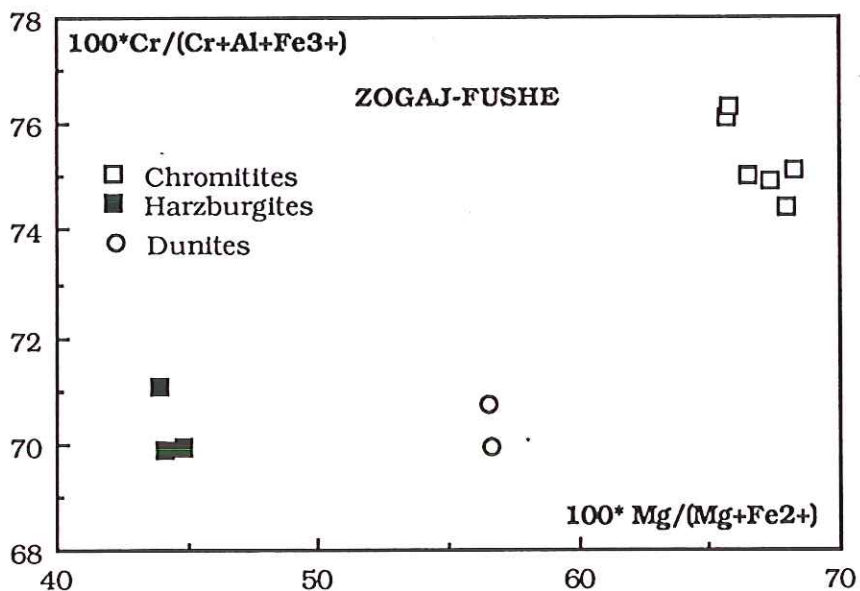


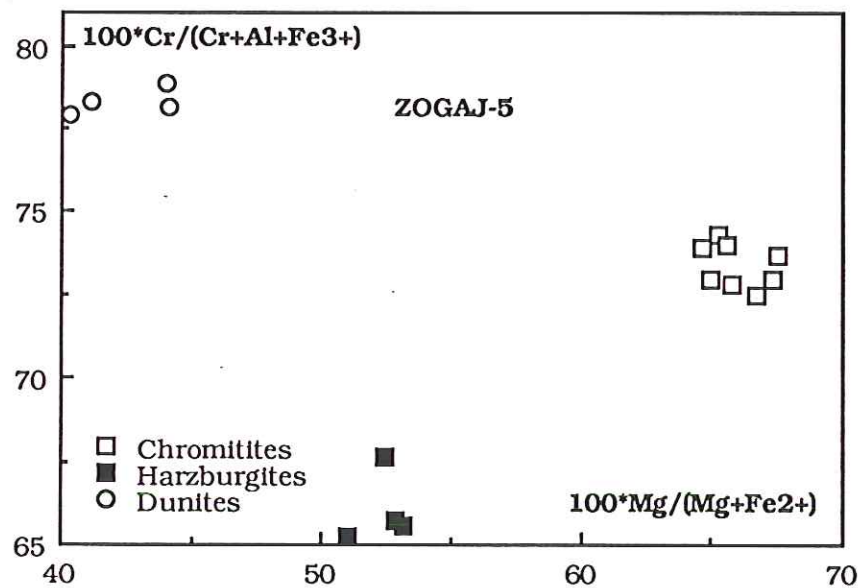
FIGURE II.78. -Corrélation entre le rapport $100 \cdot \text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+})$ et le rapport $100 \cdot \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})$ pour les spinelles des chromitites et les spinelles accessoires des dunites d'éponte et des harzburgites du gisement de Zogaj-Fushë.

($100 \cdot \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+}) \approx 44$). La quantité en Mg des spinelles accessoires des

dunites d'éponte (échantillon 23A) est intermédiaire ($100 \cdot \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})$ d'environ 56). Ces spinelles et également ceux des harzburgites ont les même concentration en Cr ($70 < 100 \cdot \text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+}) < 71$).

IV.3.3.2. Gisement de Zogaj-5.

Contrairement au gisement précédent, dans ce gisement les corrélations négatives ne sont pas nettes. Les spinelles des chromitites (échantillon 20A) sont les plus riches en Mg* ($64 < 100 \cdot \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+}) < 68$). Leur quantité en Cr* est intermédiaire ($72,5 < 100 \cdot \text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+}) < 75$). Les spinelles accessoires des dunites d'éponte (échantillon 19A) sont les moins riches en Mg* ($40 < 100 \cdot \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+}) < 44$) et les plus riches en Cr* ($77,5 < 100 \cdot \text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+}) < 78,5$). Les spinelles accessoires des harzburgites (échantillon 18A) sont les moins riches en Cr* ($65 < 100 \cdot \text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+}) < 68$) le rapport ($100 \cdot \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})$) varie entre 50,5 et 53,5 (Fig. II.79.).



IV.3.3.3. Gisement de Lugu i Gjinit.

Les spinelles chromifères des chromitites de ce gisement (échantillon 26A) sont les plus riches en Mg^* ($54 < 100 \cdot Mg / (Mg + Fe^{2+}) < 57$) et les moins riches en Cr^* ($71 < 100 \cdot Cr / (Cr + Al + Fe^{3+}) < 73$) tandis que les spinelles accessoires des dunites d'éponte (échantillon 25A) sont les moins riches en Mg^* ($49,5 < 100 \cdot Mg / (Mg + Fe^{2+}) < 51$) et les plus riches en Cr ($75,5 < 100 \cdot Cr / (Cr + Al + Fe^{3+}) < 76,3$) (Fig. II.80.).

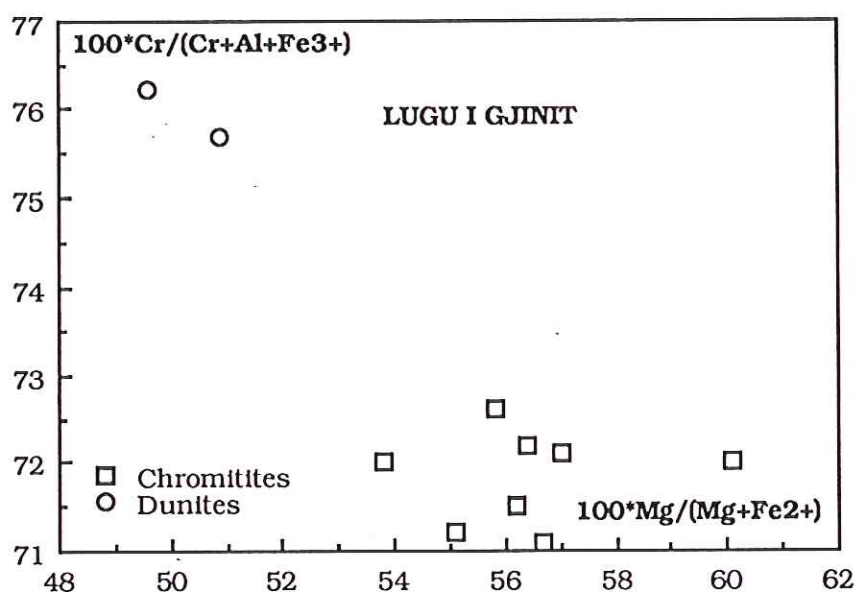


FIGURE II.80. -Corrélation entre le rapport $100 \cdot Cr / (Cr + Al + Fe^{3+})$ et le rapport $100 \cdot Mg / (Mg + Fe^{2+})$ pour les spinelles des chromitites et les spinelles accessoires des dunites d'éponte du gisement de Lugu i Gjinit.

IV.3.3.4. Gisement Mëhallë Arë.

Les spinelles des chromitites (échantillon 72A) sont les plus riches en Mg^* ($57,5 < 100 \cdot Mg / (Mg + Fe^{2+}) < 62,5$) et en Cr^* ($80,2 < 100 \cdot Cr / (Cr + Al + Fe^{3+}) < 80,3$). Pour les spinelles accessoires des dunites d'éponte (échantillon 71A) les variations en Cr^* sont plus importantes ($79 < 100 \cdot Cr / (Cr + Al + Fe^{3+}) < 79,7$) que celles des spinelles chromifères tandis que les rapports $100 \cdot Mg / (Mg + Fe^{2+})$ varient entre 46,5 et 47,5 (Fig.II.81.).

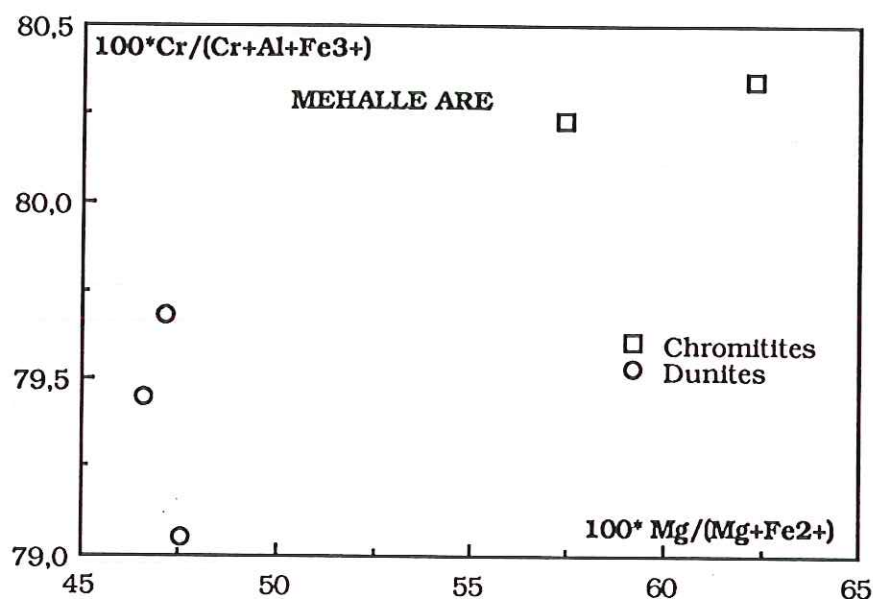


FIGURE II.81. -Corrélation entre le rapport $100 \cdot \text{Cr} / (\text{Cr} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+})$ et le rapport $100 \cdot \text{Mg} / (\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})$ pour les spinelles des chromitites et les spinelles accessoires des dunites d'éponte du gisement de Méhallé Arê.

IV.3.3.5. Indice de Shtylla e Tensionit Pac.

Suivant la règle générale, les spinelles des chromitites (échantillon 74A) sont les plus riches en Mg^* ($64 < 100 \cdot \text{Mg} / (\text{Mg} + \text{Fe}^{2+}) < 70,5$) et en Cr^* ($70 < 100 \cdot \text{Cr} / (\text{Cr} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+}) < 72$). Les spinelles accessoires des dunites d'éponte (échantillon 74A) et ceux des harzburgites (échantillon 75A) ont les mêmes teneurs en Mg^* ($57 < 100 \cdot \text{Mg} / (\text{Mg} + \text{Fe}^{2+}) < 58,5$). C'est le rapport $100 \cdot \text{Cr} / (\text{Cr} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+})$ qui fait la différence entre les spinelles accessoires des harzburgites (55) et les spinelles accessoires des dunites d'éponte (68 et 69) (Fig. II.82.).

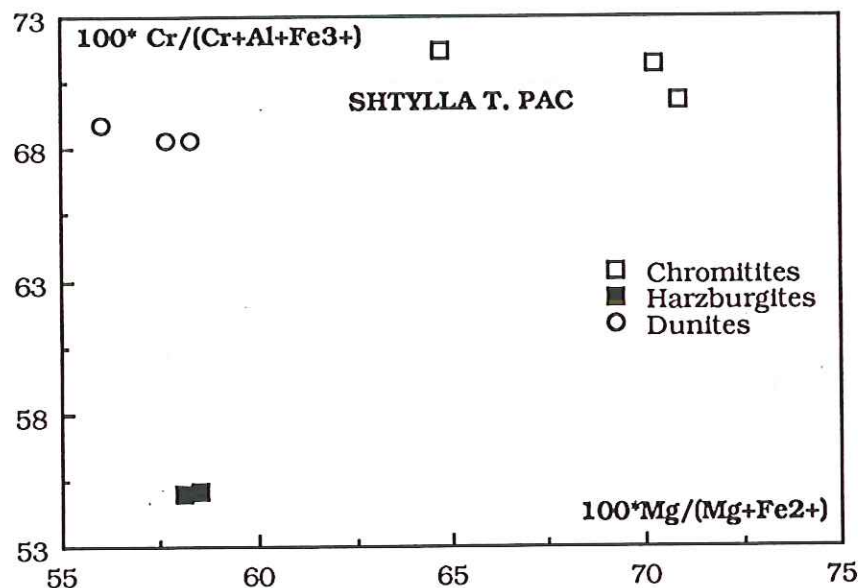


FIGURE II.82.-Corrélation entre le rapport $100 \cdot \text{Cr}/(\text{Cr}+\text{Al}+\text{Fe}^{3+})$ et le rapport $100 \cdot \text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+})$ pour les spinelles des chromitites et les spinelles accessoires des dunites d'éponte et des harzburgites de l'indice de Shtylla e Tenstonit Pac.

IV.3.4. Conclusion.

Pour conclure cette étude rappelons que :

- les spinelles chromifères sont toujours plus riches en Mg ;
- ils sont, en général, plus riches en Cr, à l'exception des gisements Zogaj-5 et de Lugu i Gjinit ;
- les spinelles de chaque type de roche présente une corrélation négative entre les rapports $100 \cdot \text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+})$ et $100 \cdot \text{Cr}/(\text{Cr}+\text{Al}+\text{Fe}^{3+})$ à l'exception de l'indice discordant de Dunishë ;
- la juxtaposition des diagramme de plusieurs gisements montre, comme dans le cas du diagramme $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ (partie suivante), des corrélations négatives en plusieurs niveaux, impliquant l'hypothèse de plusieurs injections minéralisées dans le manteau.

IV.4. Composition chimique des chromites cumulatives.

Les chromites cumulatives sont plus riches en Fe et plus ou moins en Cr (Fig. II.59.) que leurs équivalents mantellique.

Entre les gisements cumulatifs, on peut mettre en évidence des variations dans la composition chimique des spinelles chromifères, surtout en éléments majeurs.

Le diagramme Al_2O_3 en fonction de Cr_2O_3 (Fig. II.83.) montre une corrélation négative en deux niveaux, le premier est pour les gisements de Bregu i Bibës, de Maja e Sukës et de Shpati i Dajçit et le deuxième pour les gisements de Vlad, de Vrith (ceinture occidentale) et de Skatinë-Gëzhime. Pour des teneurs en Cr_2O_3 voisines les spinelles des gisements de Vlad, de Vrith et de Skatinë-Gëzhime sont plus riches en Al_2O_3 que ceux des gisements de Bregu i Bibës, de Maja e Sukës et de Shpati i Dajçit.

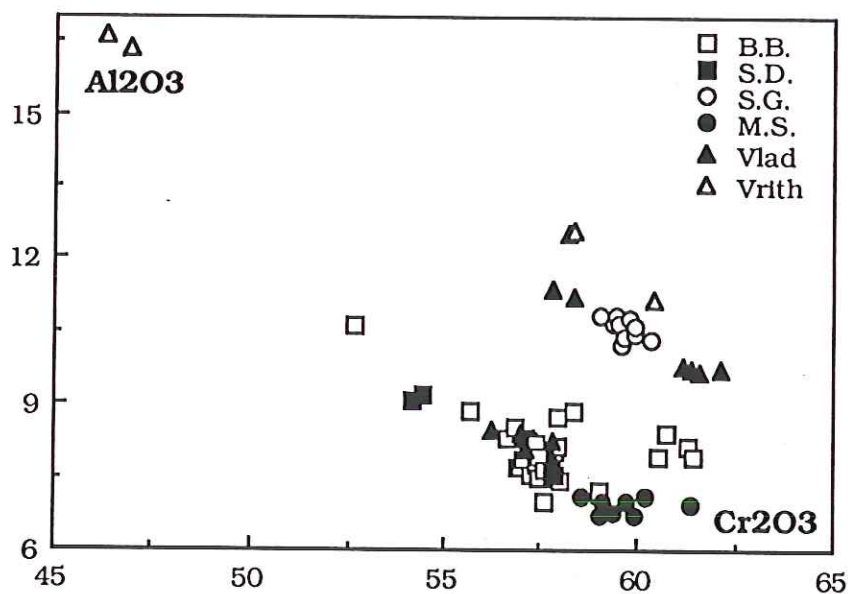


FIGURE II.83. -Corrélation entre les teneurs en Al_2O_3 et en Cr_2O_3 pour les spinelles des chromites cumulatives. B.B ; Bregu i Bibës, S.D. ; Shpati i Dajçit, S.G. ; Skatinë-Gëzhime, M.S. ; Maja e Sukës.

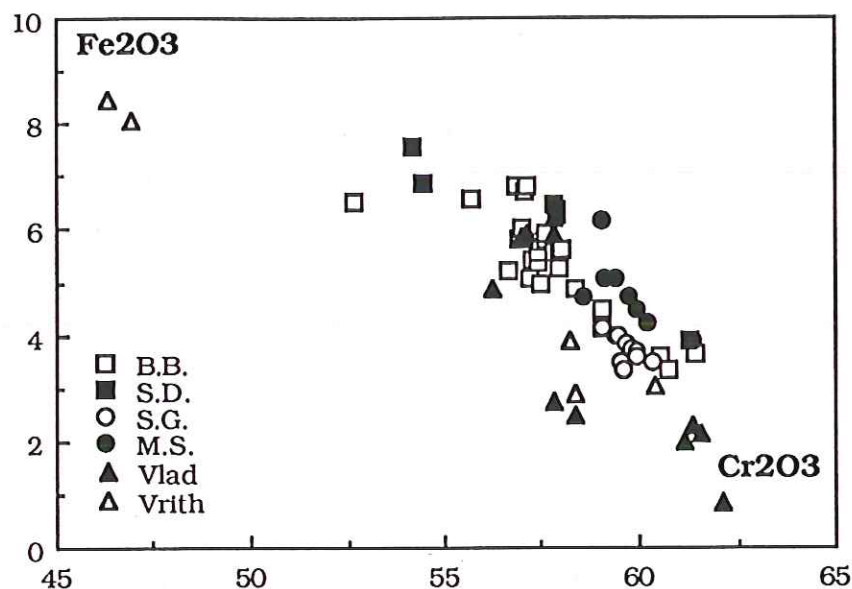


FIGURE II.84 -Corrélation entre les teneurs en Fe_2O_3 et en Cr_2O_3 pour les spinelles des chromitites cumulatives. B.B ; Bregu i Bibës, S.D. ; Shpati i Dajçit, S.G. ; Skatinë-Gëzhime, M.S. ; Maja e Sukës.

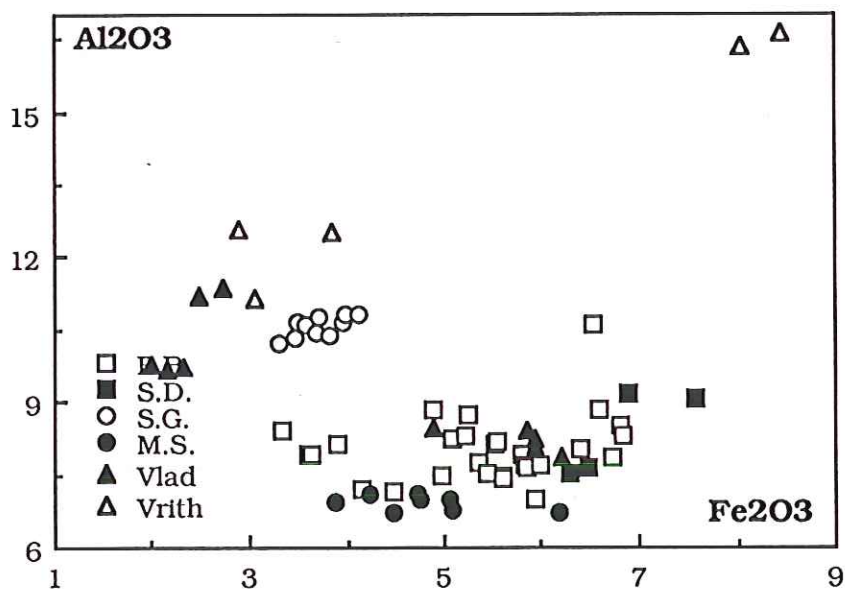


FIGURE II.85. -Corrélation entre les teneurs en Fe_2O_3 et en Al_2O_3 pour les spinelles des chromitites cumulatives. B.B ; Bregu i Bibës, S.D. ; Shpati i Dajçit, S.G. ; Skatinë-Gëzhime, M.S. ; Maja e Sukës.

L'enrichissement en Al_2O_3 des spinelles du gisement de Vrith est

accompagné par un enrichissement en Fe_2O_3 (8% pds) (Fig. II.85.). Tandis que pour les gisements de Vlad et de Skatinë-Gëzhime l'enrichissement en Al_2O_3 s'accompagne de l'enrichissement en Cr_2O_3 (Fig. II.83.). A teneur en Cr_2O_3 comparable, ces derniers sont moins riches en Fe_2O_3 (2-4% pds) (Fig. II.84.).

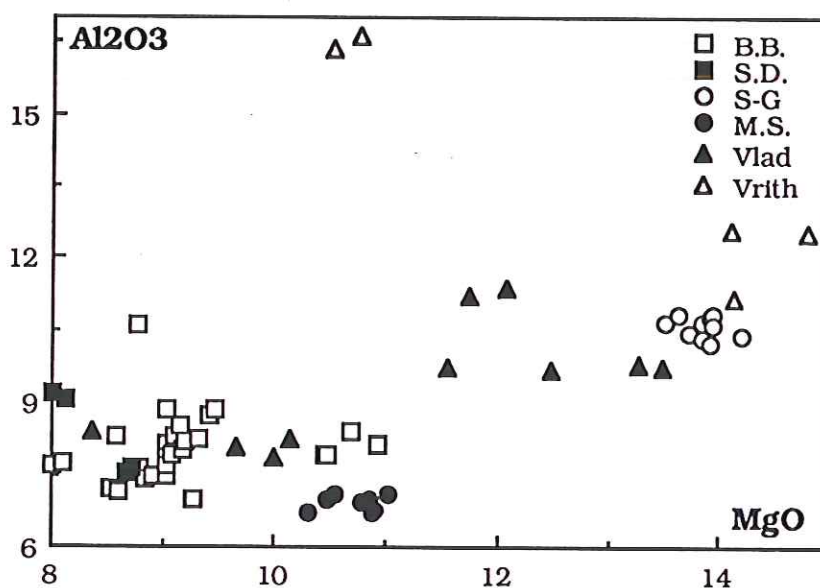


FIGURE II.86. -Corrélation entre les teneurs en MgO et en Al_2O_3 dans les spinelles des chromitites cumulatives. B.B ; Bregu i Bibës, S.D. ; Shpati i Dajçit, S.G. ; Skatinë-Gëzhime, M.S. ; Maja e Sukës.

Les spinelles les plus riches en Fe_2O_3 (7% pds) sont ceux de Vrith et de Shpati i Dajçit (Fig. II.85.).

L'enrichissement en Al_2O_3 des spinelles des gisements Vlad et Skatinë-Gëzhime s'accompagne par un enrichissement en MgO (entre 11,5 et 14,5% pds) (Fig.II.86.).

Les spinelles chromifères de l'indice de Maja e Sukës sont les plus riches en SiO_2 (0,45-0,65). Les variations des teneurs en SiO_2 pour ces spinelles se fait à des teneurs en Al_2O_3 constantes (7%) (Fig. II.87.).

L'enrichissement en Fe_2O_3 des spinelles chromifères de l'indice de Shpati Dajçit, l'appauvrissement en de ceux des gisements de Vlad et de Skatinë- Gëzhime, l'appauvrissement en Al_2O_3 des ceux de l'indice de Maja e

Sukës et la composition intermédiaire des spinelles de Bregu i Bibës sont présentés dans le diagramme triangulaire Cr-Al-Fe³⁺ (Fig. II.88.).

Les teneurs en NiO sont très variables (Fig. .). A noter une large variation, pour les spinelles du gisement Skatinë-Gëzhime, des teneurs en NiO (entre 0 et 0,3% pds) pour des teneurs en MgO constantes (autour de 14% pds).

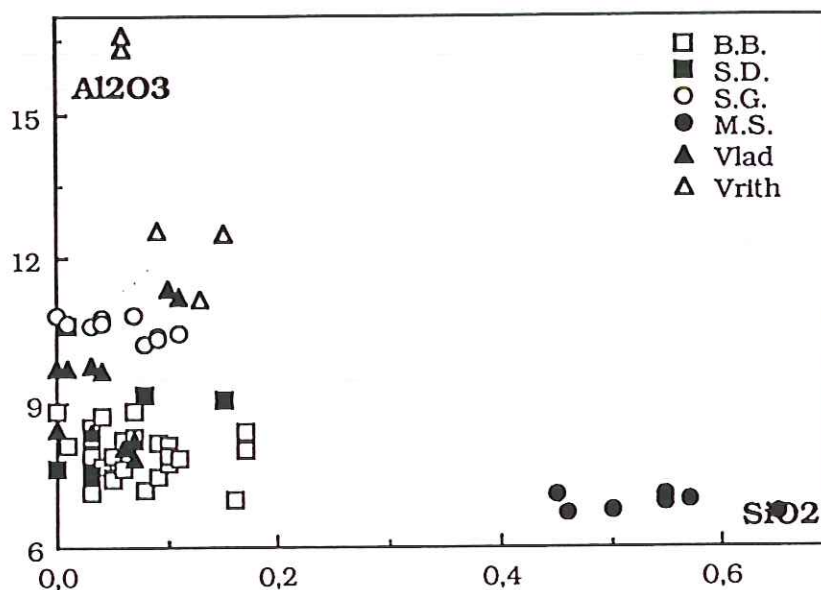


FIGURE II.87. -Corrélation entre les teneurs en SiO₂ et en Al₂O₃ pour les spinelles des chromitites cumulatives. B.B ; Bregu i Bibës, S.D. ; Shpati i Dajçit, S.G. ; Skatinë-Gëzhime, M.S. ; Maja e Sukës.

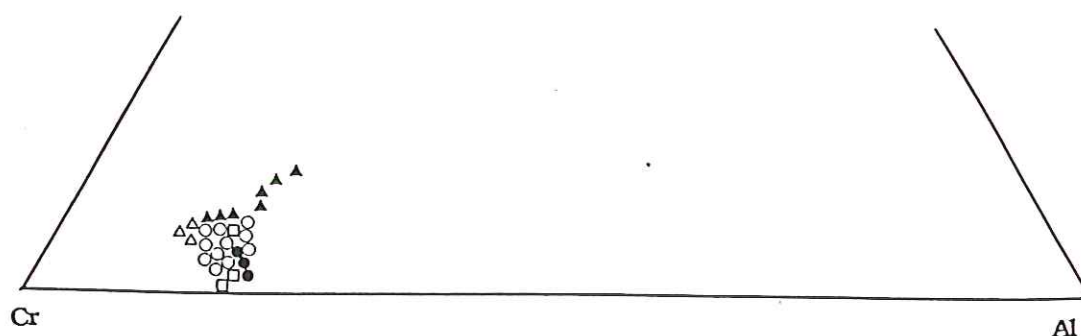


FIGURE II.88 -Composition selon la répartition géographique des spinelles des chromitites cumulatives. Cercles blancs, Bregu i Bibës ; Triangles noirs, Shpati i Dajçit ; Cercles noirs, Skatinë-Gëzhime ; Triangles blancs, Maja e Sukës Carrés blancs, Vlad.

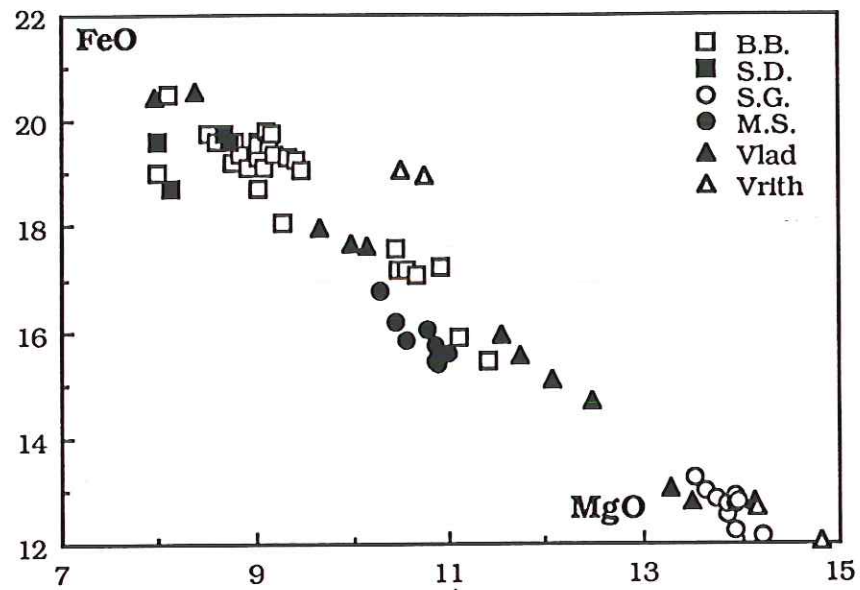


FIGURE II.89. -Corrélation entre les teneurs en FeO et en MgO pour les spinelles des chromitites cumulatives. B.B ; Bregu t Bibès, S.D. ; Shpatt t Dajçtt, S.G. ; Skatinë-Gëzhime, M.S. ; Maja e Sukës.

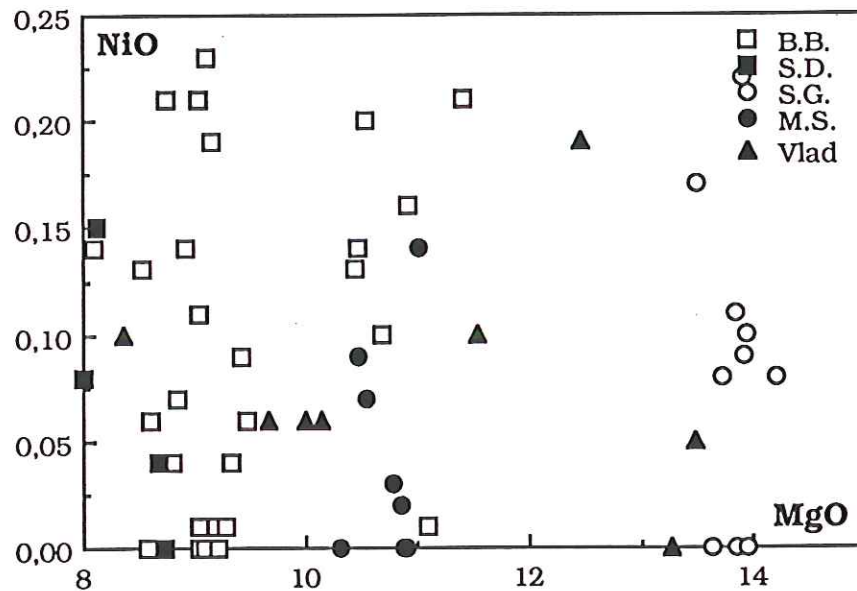


FIGURE II.90. -Corrélation entre les teneurs en NiO et en MgO pour les spinelles des chromitites cumulatives. B.B ; Bregu t Bibès, S.D. ; Shpatt t Dajçtt, S.G. ; Skatinë-Gëzhime, M.S. ; Maja e Sukës.

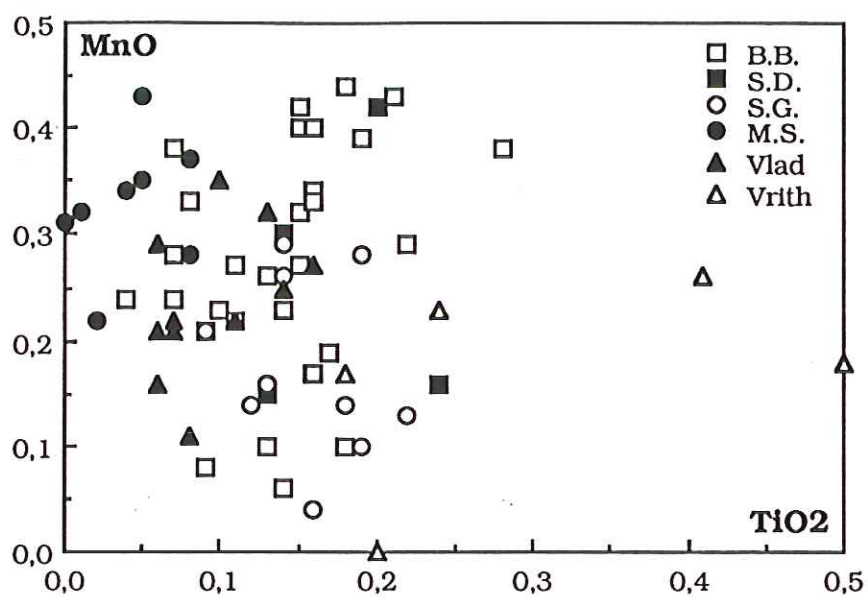


FIGURE II.91. -Corrélation entre les teneurs en MnO et en TiO_2 pour les spinelles des chromitites cumulatives. B.B ; Bregu i Bibës, S.D. ; Shpati i Dajçit, S.G. ; Skatinë-Gëzhime, M.S. ; Maja e Sukës.

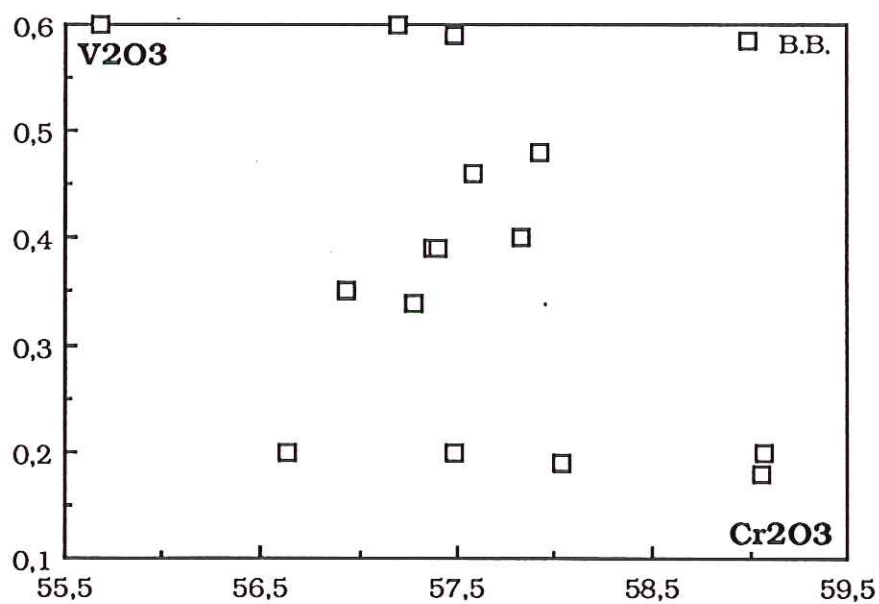


FIGURE II.92 -Distribution des teneurs en V_2O_3 en fonction de celles en Cr_2O_3 pour les spinelles des chromitites cumulatives de l'indice de Bregu i Bibës, B.B.

Le diagramme MnO en fonction de TiO₂ montre l'enrichissement en MnO des spinelles du gisement Vrith (ceinture occidentale) et de même l'enrichissement en TiO₂ des spinelles du gisement de Maja e Sukës par rapport à ceux de Skatinë-Gëzhime (Fig. II.91.).

Les teneurs en V₂O₃, uniquement pour Bregu i Bibës, sont distribuées au hasard (entre 0,1 et 0,6% pds) (Fig. II.92.).

Comparant les composition des spinelles chromifères de Bregu i Bibës et de Shpati i Dajçit on peut dire que en partant de l'indice de Bregu i Bibës vers celui de Shpati i Dajçit, suivant l'allongement du niveau minéralisé du secteur Stoberdë (l'interface dunite-pyroxénite), nous notons un enrichissement en Fe³⁺ et en Fe²⁺ des spinelles, ce qui semble indiquer que les conditions du milieu de formation deviennent de plus en plus oxydantes. On peut également imputer à ces conditions oxydantes le remplacement de l'isoferroplatine, à Shpati i Dajçit, par le tétraferroplatine et les phases riches en Cu.

La comparaison de la composition chimique des spinelles des gisements de Maja e Sukës et de Skatinë-Gëzhime, provenant des cumulats de la coupe Kam-Helshan, met en évidence un enrichissement en Fe, en Mn et par conséquent un appauvrissement en Al, Mg et peut-être en Ti des spinelles de Maja e Sukës par rapport à ceux de Skatinë-Gëzhime.

IV.5. Minéraux interstitiels et inclus dans la chromite.

Les silicates interstitiels occupent une partie variable du minerai selon différents types de texture.

Les silicates interstitiels et en inclusion dans la chromite sont surtout de l'olivine et plus rarement de l'amphibole, de la chlorite, du clinopyroxène, de l'orthopyroxène, de la serpentine, des sulfures de métaux de base des MGP. Une uraninite est également observée en inclusion dans la chromite (échantillon 136A).

Les minéraux interstitiels et en inclusion seront traités ensembles dans le but d'opposer leur composition chimique pour voir s'il y a des variations entre elles. Les olivines seront traitées plus en détail parce que elles sont prépondérantes.

IV.5.1. Olivines.

Les olivines sont les minéraux interstitiels et en inclusion les plus abondants. Quand elles sont interstitielles, leur taille est variable tandis que celles en inclusion dans la chromite ont toujours de petite taille (de quelques μm à une centaine de μm), rarement plus. Elles sont souvent automorphes.

Dans le but d'observer une évolution possible de leur composition chimique nous avons établi deux diagrammes : FeO-NiO et SiO₂-MnO (Fig. II.93.) pour les olivines interstitielles et en inclusion des huit gisements de chromite, de leurs dunites d'éponte et des harzburgites qui les entourent.

En règle générale, pour le premier diagramme (Fo-NiO), on observe une corrélation positive. Les teneurs en NiO et en Fo augmentent en partant des olivines des harzburgites, passant par les olivines des dunites d'éponte, par les olivines interstitielles jusqu'aux olivines en inclusion dans la chromite. Donc, plus on s'éloigne de la minéralisation chromifère plus les olivines sont pauvres en MgO (Fo) et en NiO.

Qafa e Luzhës

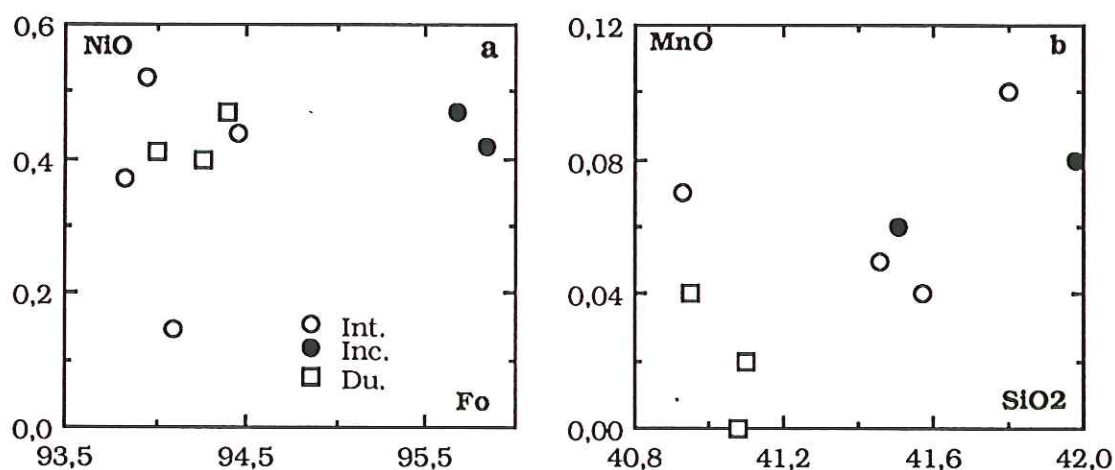


FIGURE II.93. -Corrélation entre : (a) les teneurs en NiO en fonction de celles en Fo et (b) les teneurs en SiO₂ et celle en MnO pour différentes olivines du gisement de Qafa e Luzhës. Int ; Interstitielles, Inc ; Inclusion, Du; Dunites.

Dunishë

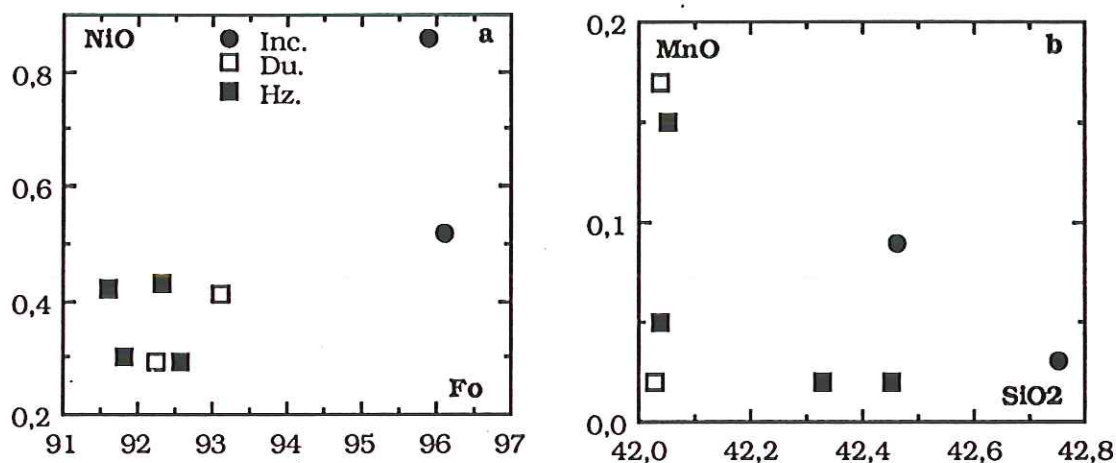


FIGURE II.94. -Corrélation entre : (a) les teneurs en NiO en fonction de celles en Fo et (b) les teneurs en SiO₂ et celle en MnO pour différentes olivines de l'indice de Dunishë Inc ; Inclusion, Du; Dunites. Hz ; Harzburgites.

L'autre diagramme, SiO₂-MnO, montre qu'en général les olivines interstitielles et celles en inclusion dans la chromite sont les plus riches en SiO₂ et les moins riches en MnO, les olivines des harzburgites étant en général les moins riches en SiO₂ et les plus riches en MnO.

Veterr

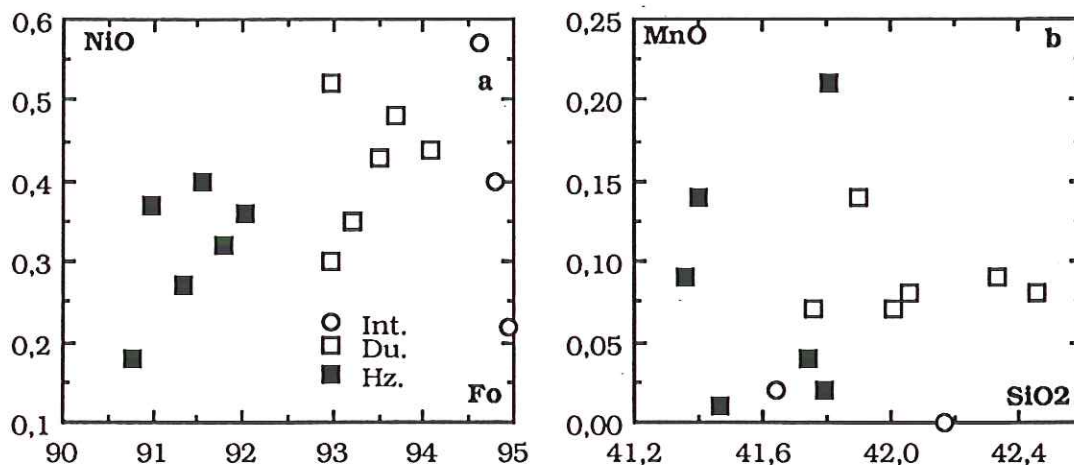


FIGURE II.95. -Corrélation entre : (a) les teneurs en NiO en fonction de celles en Fo et (b) les teneurs en SiO₂ et celle en MnO pour différentes olivines de l'indice de Veterr. Int ; Interstitielles, Du; Dunites. Hz ; Harzburgites.

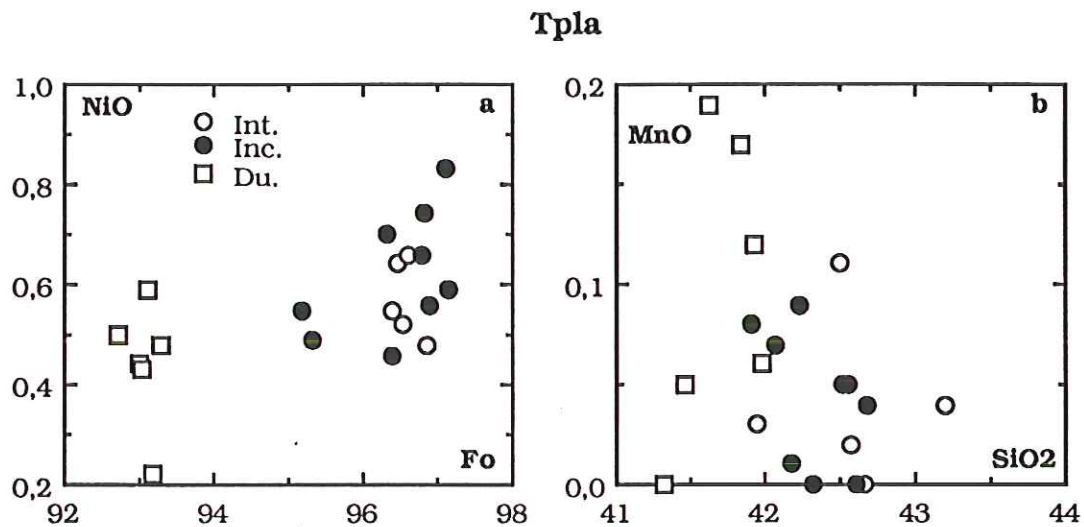


FIGURE II.96. -Corrélation entre : (a) les teneurs en NiO en fonction de celles en Fo et (b) les teneurs en SiO₂ et celle en MnO pour différentes olivines du gisement de Tpla. Int ; Interstitielles, Inc ; Inclusion, Du; Dunites.

Parfois, on observe une bonne corrélation négative entre ces oxydes (Zogaj-Fushë, Tpla) mais à Qafa e Luzhës la corrélation est positive.

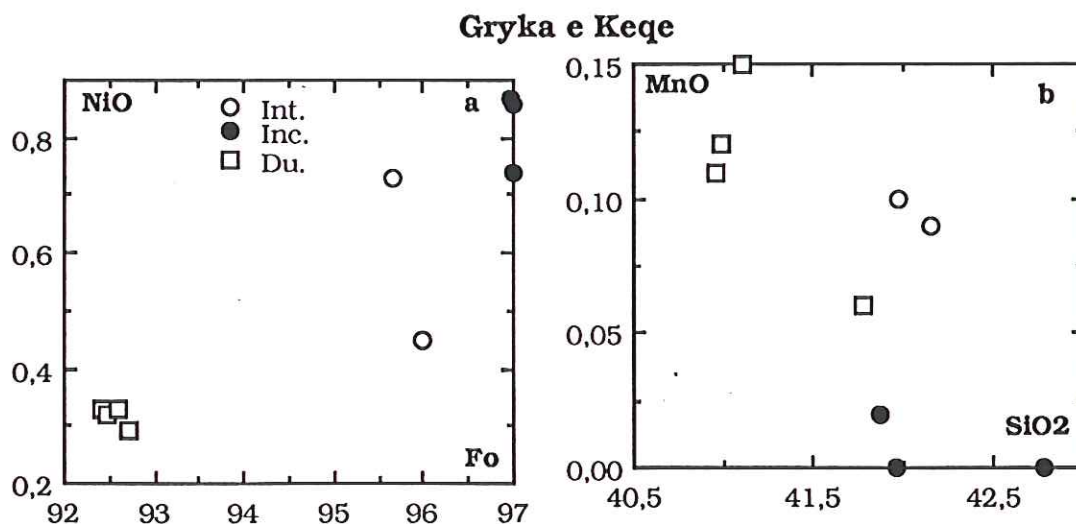


FIGURE II.97. -Corrélation entre : (a) les teneurs en NiO en fonction de celles en Fo et (b) les teneurs en SiO₂ et celle en MnO pour différentes olivines du gisement de Gryka e Keqe Int ; Interstitielles, Inc ; Inclusion, Du; Dunites.

Ces différences dans la composition chimique de ces olivines sont peut-

être liées avec différents stades de formation de ces minéraux et avec la composition chimique du milieu de leur formation, les olivines en inclusion étant formées les premières dans un milieu riches en Mg, Si et Ni.

Zogaj-5

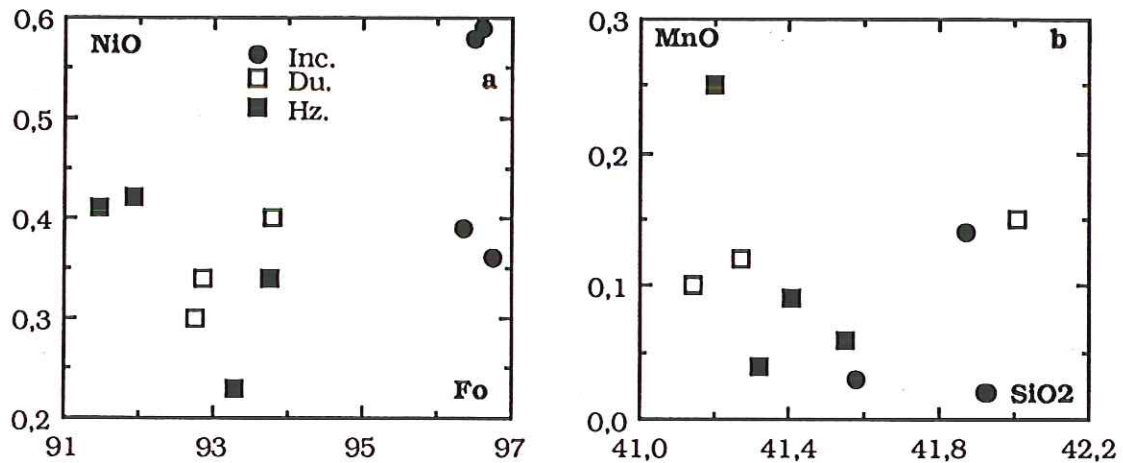


FIGURE II.98. -Corrélation entre : (a) les teneurs en NiO en fonction de celles en Fo et (b) les teneurs en SiO₂ et celle en MnO pour différentes olivines du gisement de Zogaj-5. Int ; Interstitielles, Du; Dunites , Hz ; Harzburgites.

Zogaj Fushë

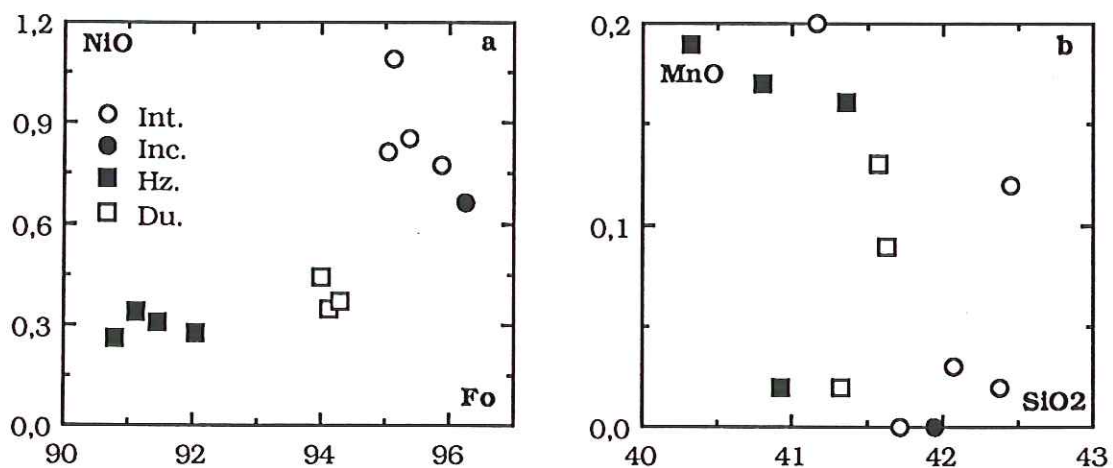


FIGURE II.99. -Corrélation entre : (a) les teneurs en NiO en fonction de celles en Fo et (b) les teneurs en SiO₂ et celle en MnO pour différentes olivines du gisement de Zogaj-Fushë. Int ; Interstitielles, Inc. ; Inclusion, Du; Dunites , Hz ; Harzburgites.

Mis à part dans certains cas le Ca, les autres éléments mineur ne présentent pas de teneurs significatives.

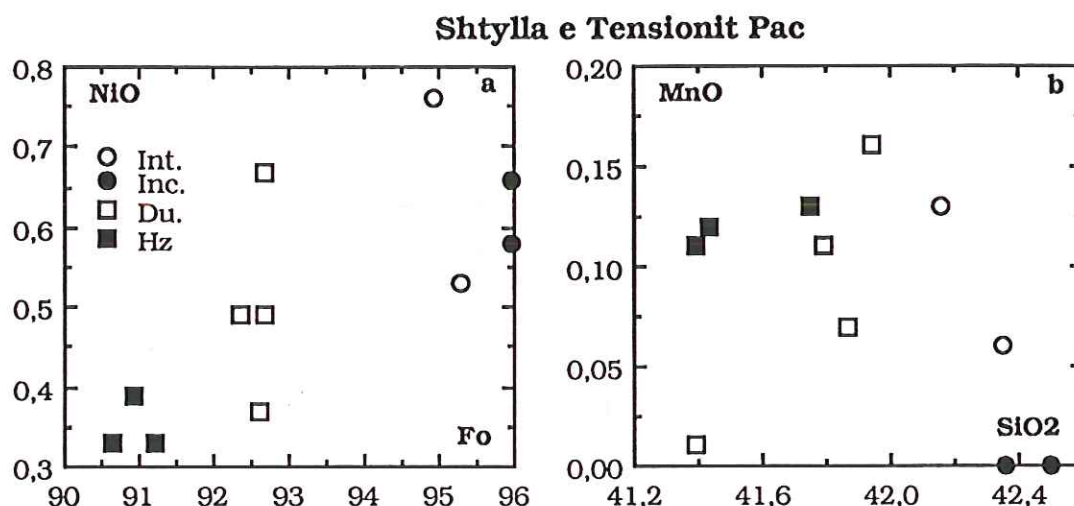


FIGURE II.100. -Corrélation entre : (a) les teneurs en NiO en fonction de celles en Fo et (b) les teneurs en SiO₂ et celle en MnO pour différentes olivines de l'indice de Shtylla e Tensionit Pac. Int ; Interstitielles, Inc. ; Inclusion, Du; Dunites , Hz ; Harzburgites.

Les olivines interstitielles de deux échantillons présentent des teneurs significatives en CaO : l'échantillon 143A (gisement de Çabrat-1), 0,104% pds en moyenne, et l'échantillon 125A (gisement Tpla) 0,153 en moyenne.

Parmis les olivines en inclusion dans la chromite, celles de cinq échantillons présentent des valeurs significatives : l'échantillon 26A (gisement de Lugu i Gjinit), 0,093% pds en moyenne ; l'échantillon 142A (gisement de Çabrat-1), 0,145% pds en moyenne ; l'échantillon 125A (gisement Tpla), 0,085% pds en moyenne, l'échantillon 73A (indice de Shtylla e Tensionit Pac), 0,07 en moyenne et l'échantillon 21/7S (gisement de Qafa e Luzhës), 0,063 en moyenne.

A noter l'enrichissement en Cr₂O₃ (jusqu'à 1% pds) des olivines incluses dans la chromite. Il s'agit peut-être soit d'une pollution à cause de leur petite taille, soit d'une d'une réaction possible entre la chromite et l'olivine qui s'accompagne d'une échange de Mg et de Cr du spinelle avec le Fe de l'olivine.

IV.5.2. Les Amphiboles.

Les amphiboles intersitielles des chromitites mantelliques sont plus abondantes que celles en inclusion. Des amphiboles interstitielles ont été observées dans les gisements de : Rragam-1 (17A) ; Kepenek-9 (39A) ; Qafa e Qorzit (40A) et de Lugu i Zanit (44A). L'amphibole du gisement de Rragam-1 est une hornblende pargasitique, celle du gisement de Kepenek-9 est une hornblende tandis que les amphiboles des gisements de Qafa e Qorzit et de Lugu i Zanit sont des tremolites et des hornblendes (Fig. II.17.).

Les amphiboles en inclusion dans les chromites mantelliques (échantillon 142A) sont, en général, plus riches en Al_2O_3 et FeO et moins riches en MgO, SiO_2 et CaO que leurs équivalents interstitielles.

Dans les chromitites cumulatives, les amphiboles interstitielles ont été observées dans l'échantillon 58A, indice de Bregu i Bibës. Il s'agit de tremolites

Dans ces chromitites, les amphiboles en inclusion, souvent accompagnées de MGP, sont fréquentes (Bregu i Bibës, Vlad). Ces amphiboles sont des tremolites.

Dans les chromites du gisement Vrith de la ceinture occidentale on note la présence de hornblende, de hornblende pargasitique en inclusion .

Ces amphiboles, incluses dans la chromites cumulatives, sont moins riches en SiO_2 et en CaO et plus riches en MgO et FeO que les amphiboles interstitielles.

IV.5.3. Les chlorites.

Les chlorites sont surtout présentes sous forme interstitielle dans les chromitites du secteur C (Shpati i Vishisë, Zgjeç, Qafë Prushi, Kam-5, Lajthizë). Dans le secteur A elles sont observées dans les gisements de Çabrat-4 (échantillon 139A) et de Mejdan (échantillon 138A) tandis que dans le secteur B on les a observées dans le gisement de Tpla (échantillon 125A) et dans l'indice de Dunishë (échantillon 120A).

Deux chlorites en inclusion dans la chromite ont été observées, une dans le gisement de Lajthizë e Vjetër (échantillon 27A) et une dans le gisement Lajthizë Përrua (échantillon 34A).

Dans les chromitites cumulatives, les chlorites ont été observées en

inclusion dans le gisement Vrith, ceinture occidentale, (échantillon a/90).

Les chlorites en inclusion sont surtout des talc-chlorites et plus rarement des penninites alors que les chlorites interstitielles sont dans le domaine penninite-clinocllore du diagramme de Hey (1954).

IV.5.4. Le clinopyroxène.

Les clinopyroxènes interstitiels et en inclusion dans la chromite sont aussi bien présents dans les chromitites mantelliques que dans les chromitites cumulatives.

Dans le manteau ils ne sont présents que dans les secteurs A et C du massif.

Dans les gisements d'Ura e Kamenës et de Çabrat-4 ils sont observés en interstices (échantillons 140A et 142A) et en inclusion dans la chromite (échantillons 141A et 142A) tandis que dans le gisement de Qafa e Perollit (échantillon 136A) ils sont interstitiels et dans celui de Kam-5 ils sont inclus dans la chromite (échantillon 135A).

Dans les chromitites cumulatives les clinopyroxènes en inclusion sont observés dans tous les gisements étudiés (Bregu i Bibës, Shpati i Dajçit, Vlad, Skatinë-Gëzhime, et Maja e Sukës) alors que les clinopyroxènes interstitiels ne sont observés que dans les gisements de Bregu i Bibës et de Shpati i Dajçit.

Mis à part un légers enrichissement en NiO, en Na₂O et en Cr₂O₃ des clinopyroxènes inclus dans la chromite, on ne peut pas mettre en évidence d'autres différences majeures entre la composition chimique des clinopyroxènes inclus et interstitiels.

Dans le diagramme triangulaire Wo-En-Fs, ces clinopyroxènes se trouvent surtout dans le domaine diopside et plus rarement dans le domaine de l'endiopside.

IV.5.5. Les serpentines.

Les serpentines sont assez souvent présentes dans les interstices et plus rarement dans les inclusions. Dans certains cas elles occupent la quasi totalité de la gangue silicatée tel le cas des gisements : de Maç (échantillons 130A et 213) ; de Dunishë (échantillon 120A) ; Zogaj-5 (échantillon 20A).

IV.5.6. SMB et MGP.

Les sulfures de métaux de base (SMB) et les minéraux du groupe du platine (MGP) sont présents dans la plupart des échantillons étudiés. Les SMB sont principalement des pentlandites et des millerites. Les MGP sont surtout des alliages dont l'isoferroplatine et des sulfures dont la laurite.

Les SMB et les MGP sont seront étudiés en détail dans la partie suivante.

IV.5.7. Uraninite, U_3O_8 .

Une uraninite a été observée en inclusion dans la chromites massive du gisement de Qafa e Perollit (échantillon 136A). Il s'agit d'un petit grain ($3 \times 3 \mu m$) automorphe. La mielleure analyse à la microsonde donne la composition chimique suivante : UO_2 ; 84,65% pds, CaO ; 3,162% pds, PbO ; 2,372% pds, et ThO_2 ; 0,005% pds.

La présence de l'uraninite dans les chromitites a été également mise en évidence par Boyd et al. (1990).

11

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

CHAPITRE V

V. DISCUSSION SUR LA FORMATION DE LA MINERALISATION CHROMIFERE

Les résultats acquis au cours de cette étude permettent d'envisager un modèle pour la formation de gisements de chromite podiformes. Avant de présenter le modèle de formation de ces gisements pour le massif de Tropoja nous examinerons de façon critique les modèles proposés antérieurement.

V.1. MODELES ANTERIEURS SUR LA FORMATIONS DE GISEMENTS DE CHROMITE.

Les différents concepts relatifs à la genèse et au mode de mise en place des massifs ultrabasiques de type alpin et des gisements de chromite qu'ils renferment ont fait l'objet d'une revue très détaillée par Van Der Kaden (1964) et Cassard (1980). On ne va pas discuter en détail l'ensemble de ces concepts, mais on discutera les plus intéressants.

Brochert (1960, 1961, 1964) suppose que les concentrations de chromite résultent de la sédimentation des cristaux de spinelle au sein d'une intrusion magmatique basaltique mise en place à faible profondeur. L'inclinaison du litage ainsi créée, joue un rôle fondamental pour la concentration de la chromite. Brochert pense que les corps minéralisés sont empilés au sein du massif, les couches pouvant s'épaissir vers le bas. Les cristaux de chromite qui constituent les gisement ont cristallisés à partir de bains et sont disposés rythmiquement et parallèlement aux plan du litage magmatique. La morphologie du plancher de la chambre et les mouvements tectoniques produits pendant la cristallisation du magma conditionnent l'inclinaison du litage magmatique. Ainsi, pour des faibles pendages (10 à 25°) du litage magmatique nous avons une faibles épaisseur du niveau, une viscosité du liquide silicaté interstitiel relativement élevée et des conditions de cristallisation calmes ce qui sera à l'origine da formation de ces corps réguliers. Donc, le seul processus impliqué ici est la chute par gravité des cristaux de chromite sur des faibles distances. Pour des inclinaisons moyennes (25 à 50°) du litage magmatique les cristaux de chromite peuvent glisser et rouler sur parfois plusieurs dizaines de mètres. Ce glissement peut conduire à la

formation de minerai nodulaire ou en schlieren. Enfin, pour des inclinaisons importantes (plus de 50°) du litage magmatique, qui peuvent être des zones à refroidissement lent, dans les parties centrales du massif ou dans des chenaux d'alimentation assez larges, la concentration de chromite se fait par dépôt gravitatif puis roulent le long de la pente. Les cristaux de spinelle, étant les plus lourds, forment ainsi des corps minéralisés podiformes ou en crayon, renferment dans leur partie basale des masses de minerai nodulaire et/ou massif.

Juteau (1975) envisage la cristallisation et la concentration dans des chenaux ou conduits magmatiques verticaux traversant les harzburgites. Ces concentrations étant étirées et disloquées lors du fluage plastique du manteau supérieur.

Pour Dickey (1975), la formation des gisements de chromite se fait dans des poches magmatiques allongées et étroites, d'où leur morphologie tabulaire. La ségrégation de la chromite se produit lorsque le liquide atteint l'interface manteau-chambre magmatique pour former un horizon de cumulats au-dessus des harzburgites résiduelles à structure de tectonites. Puis ces cumulats riches en chromite, gisement de chromite et son enveloppe, qui sont plus denses que les roches encaissantes, tendent à "couler" à l'état solide au sein de la péroïte résiduelle, donnant ainsi naissance aux corps chromifères isolés au sein des tectonites.

Pour Greenbaum (1977), les gisements de chromite se forment à proximité des centres d'alimentation de la chambre magmatique, là où la température est la plus élevée. La chromite qui précipite à partir du magma, se dépose sur le plancher de la chambre, qui est constitué par des harzburgites à l'état de bouillie cristalline.

Lago et al. (1982) propose quatre étapes de formation des gisements de chromite :

- Création d'une fente de tension verticale d'environ 10 cm par fracturation hydraulique ;
- Elargissement local de cette fracture, probablement sous des actions tectoniques, créant ainsi une cavité de quelques mètres de largeur et d'une hauteur qui peut atteindre la centaine de mètres ;
- Injection du magma dans la fracture et création d'une cellule de convection dans la partie élargie ;

- Cristallisation de la chromite au sein de la cavité à partir du magma ascendant, relativement riche en chrome.

Enfin, il y a le modèle de Johan et Le Bel (1978), Johan et al. (1982, 1983,) Johan (1986) qui lie la formation des gisements de chromite à l'existence des fluides enrichis en volatils associés au bain magmatiques.

Nous ne donnerons pas plus de détail ici sur ce modèle, le modèle de formation des gisements de chromite proposé pour le massif de Tropoja étant largement inspiré par leur modèle.

V.2. FORMATION DE GISEMENTS DE CHROMITE DANS LE MASSIF DE TROPOJA

Pour expliquer les conditions de formation de gisements de chromite il faut répondre à deux questions :

- a) quels sont les facteurs physico-chimiques qui conditionnent la précipitation de la chromite?
- b) quels sont les événements majeurs au cours de la mise en place de la minéralisation chromifère?

a) Facteurs physico-chimiques qui conditionnent la précipitation du minerai chromifère.

Dans le but de donner la réponse à la première question, une attention particulière a été portée sur la nature des inclusions solides dans la chromite. Les inclusions solides ont été traitées en détail dans le chapitre précédent mais rappelons les caractéristiques de certaines inclusions qui peuvent nous aider de répondre à la question posée.

1) - Les olivines incluses dans la chromite sont prépondérantes. Elles sont très riches en MgO (Fo entre 94,14 et 97,25) et en NiO (1,22% en maximum), enrichissement peut être dû par un rééquilibrage de subsolidus avec le spinelles (Lehmann, 1983).

2) - Outre les olivines la chromite renferme des clinopyroxènes qui sont des diopsides ($46 < Wo < 48$; $2 < Fs < 3$) riches en Cr_2O_3 ($0,9\% < Cr_2O_3 < 1,3\%$). Ces diopsides se caractérisent par des très faibles teneurs en Ti ($0,03\% < TiO_2 < 0,07\%$) et en Mn ($0\% < MnO < 0,05\%$).

3) - Dans l'échantillon 142A, gisement de Çabrat-1, nous avons observé

une hornblende pargasitique, riche en Na ($\text{Na}_2\text{O}=1,48\%$), en Cr ($\text{Cr}_2\text{O}_3=2,92\%$), en Ti ($\text{TiO}_2=0,23\%$) et en Ni ($\text{NiO}=0,17\%$).

4) - Dans plusieurs échantillons nous avons observé des alliages de Ni-Fe, dont des awaruites (Ni_3Fe) .

5) - Des inclusions de MGP dans la chromite sont également observées. Ces inclusions sont représentées par des laurites et plus rarement des alliages d'Os et d'Ir pour les chromitites mantelliques et surtout par des alliages de Pt-Fe dont l'isoferroplatine pour les chromitites cumulatives.

6) - Toutes les inclusions silicatées mentionnées ci-dessus sont monophasées et ces minéraux se présentent en général, en cristaux automorphes bien développés.

La distribution des inclusions silicatées dans les cristaux de chromite et la différence de composition chimique des silicates interstitiels dans les chromitites, les dunites d'épentes et les harzburgites par rapport à la composition chimique des inclusions silicatées suggère que ces dernières ont cristallisé près de la source du système minéralisant et ont été transporté, à état solide vers le niveau de la précipitation de la chromite (Johan 1986). Ainsi, les inclusions reflètent les particularité du système minéralisant précédant de la précipitation de la chromite.

La présence du clinopyroxène et de la hornblende pargasitique, donc de phases riches en Na et en Ca et en hydroxyles, dans la chromites, traduit une forte activité en Na, Ca et H_2O dans le système minéralisant.

La stabilité thermique de la hornblende pargasitique fixe une température maximale de 1050°C (Hollaway, 1973 ; Carman, 1974 ; Johan et al. 1983 et Johan, 1986). Par conséquent la zone de formation du dépôt de chromite correspond à une serrée fourchette de température.

La présence des alliages riches en Ni implique une fugacité en oxygène de l'ordre de 10^{-9} - 10^{-14} atm. (Johan et al. 1982 et 1983 ; Johan 1986) à une température d'environ 1100°C . Ceci montre une fugacité en oxygène décroissante entre le temps de précipitation des silicates magnésiens et la cristallisation des alliages de Ni et des MGP qui précèdent la formation de chromite.

Johan et al. (1982 et 1983) et Johan (1986) suggèrent que la décroissance de la fugacité en oxygène peut-être liée à l'apparence d'une phase fluide

réductrice due à la sursaturation en eau du système minéralisant. Les quantités de H_2O qui peuvent être incorporées dans un bain magmatique sont importantes et dépendent de la pression. Ainsi à 10 kb, elles peuvent atteindre 10% pds du liquide (Eggler 1972).

Les modèles expérimentaux (Johan et al. 1983) entrepris ont montré qu'à 1000°C et à 2-5 kb de pression partielle d'eau, la chromite peut précipiter par interaction d'une phase fluide réductrice, riche en chlorure avec le liquide magmatique. Le chrome peut être, soit transporté par les fluides, soit extrait du magma (Johan et al. 1983). Johan et al. (1983) considèrent que l'origine de dépôts de chromite dans les complexes ophiolitiques est liée avec une phase fluide, riche en volatils, en équilibre avec les harzburgites, et que la précipitation de la chromite est fortement contrôlée par la pression partielle en H_2O et donc par la fugacité en oxygène.

Les températures d'équilibre calculées pour le couple olivine-spinelle varient entre 1040°C et 1150°C, proche de celles de la stabilité thermique de la pargasite. Ces températures sont comparables avec les températures estimées pour la source du système minéralisant. Elles ne sont pas en accord avec une origine purement magmatique des chromites, comme cela est suggéré par Greenbaum (1977) et Lago et al. (1982). Elles sont également incompatibles avec l'hypothèse résiduelle des dunites, produites par la fusion des orthopyroxènes des harzburgites (Boudier et Nicolas, 1977, Lago et al. 1982).

Au cours de l'évolution du système minéralisant, la cristallisation des chromites et des olivines provoque l'augmentation des fluides résiduels enrichis en Ti et celle de la fugacité en oxygène responsable de l'oxydation du Fe^{2+} en Fe^{3+} . La précipitation des spinelles chromifères enrichis en Fe^{3+} , a provoqué, à son tour, la diminution de Fe^{2+} dans le système minéralisant, et par suite l'augmentation de $Mg/(Mg+Fe^{2+})$ des minéraux.

Les chromites du secteur C contrastent avec celles des secteurs A et B par leur richesse en Fe^{3+} qui, là encore, rappelle l'enrichissement en Fe^{3+} des spinelles accessoires du manteau dans le secteur C. La fugacité en oxygène semble donc avoir été plus forte au Sud du massif de Tropoja qu'au Nord, de part et d'autre de la zone transverse Vlad-Bregu à Bibës, et ceci en accord avec l'hypothèse d'une fusion plus hydratée au Sud.

Le fait d'avoir plusieurs droites sub-parallèles dessinées dans les

diagrammes $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-Cr}_2\text{O}_3$ et $100*\text{Cr}/(\text{Cr}+\text{Al}+\text{Fe}^{3+})\text{-}100*\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+})$ souligne des variations de Cr_2O_3 du système minéralisant pour chaque pôle de chromite impliquant l'idée de plusieurs injections magmatiques.

b) Événements majeurs au cours de la mise en place de la minéralisation chromifère.

Tenant compte de toutes les contraintes mentionnées ci-dessus, Johan (1986) distingue trois événements majeurs de la mise en place des chromites. Ces événements sont schématiquement présentés dans la figure .

A- Les ophiolites étant le plus souvent considérées comme des reliques de croûte océanique, il est implicitement admis que leur structure est compatible avec un système en extension (Moore et al. 1971; Cann, 1970 et 1974 ; Ohnenstetter 1980).

Dans la classification structurale d' Ohnenstetter (1980), le massif de Tropoja fait partie du troisième système, système en décrochement. Les fractures créées dans ce système par les trois contraintes sont verticales et conjuguées, ce qui facilite la montée des magmas. La direction des cisaillements peut être concordante ou bien discordante avec la foliation des harzburgites.

L'existence d'un liquide magmatique enrichi en volatils, voire d'un fluide, implique une chambre magmatique. La pression magmatique régnante sur le toit d'une telle chambre, peut-être combinée avec des mouvements tectoniques, pourrait mettre en jeu les anciens cisaillements, ou en créer de nouveaux. Ceci conduira à l'évacuation, au long de cisaillements, tout d'abord d'une phase très riche en volatils, puis celle d'un liquide magmatique, lui-même enrichi en H_2O (Fig. II.101. A).

B- L'enrichissement en volatils de la phase responsable de la formation des minéralisations chromifères aura pour conséquence la création de zones de rééquilibrage avec les harzburgites environnantes, matérialisée par les dunites d'épentes. L'interaction entre le fluide et les harzburgites, dans des conditions d'instabilité de l'orthopyroxène, donne naissance aux dunites, formées donc par un processus métasomatique. Ces dunites se disposent plus ou moins symétriquement par rapport à la zone de pénétration des fluides. Dans la plupart des cas, la foliation originale des harzburgites exprimée par l'allongement des spinelles est bien préservée dans les dunites .

La présence de fluides incite également à la formation des structures pagmatitiques dans les dunites.

C - Au fur et à mesure de la formation des dunites nous avons le commencement de la précipitation du minerai chromifère. Cette précipitation se fait sous l'action d'un fluide réducteur, pénétrant au long du contact des grains d'olivine dans les dunites en les remplaçant (Johan 1986).

Le développement de la texture bréchique, bien observable dans le gisement de Gryka e Keqe, indiquerait que les dunites ont été complètement solidifiées lors de la précipitation de la chromite.

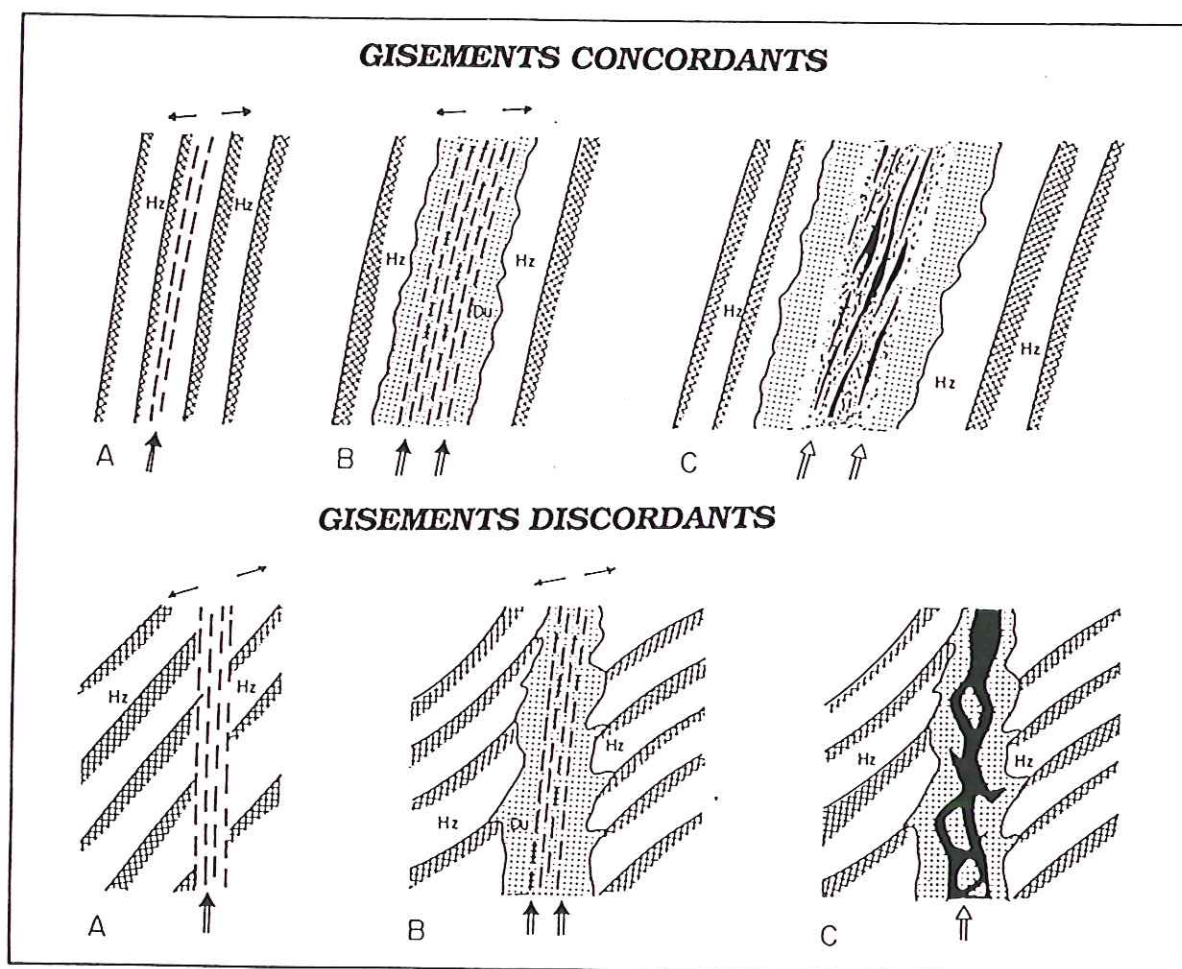


FIGURE II.101. -Modèle qui montre les trois stades de formation de dépôts de chromites dans les harzburgites. Hz. -Harzburgites ; Du. -Dunites ; En noir -Chromite. D'après Johan 1987).

TROISIEME PARTIE
MINERALISATIONS EN EGP.

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

CHAPITRE I

I. GENERALITES, CADRE GEOLOGIQUE, METHODE DE TRAVAIL.

I.1. INTRODUCTION

Depuis une bonne dizaine d'années, une attention particulière a été portée aux complexes ophiolitiques pour la recherche des éléments du groupe du platine (EGP). La chromite a retenue en particulier l'attention parce que des EGP y ont été mis en évidence pour la première par Constandinides et al. (1980).

Pendant ces années, des études de plus en plus nombreuses ont été consacrées aux minéraux du groupe du platine (MGP) dans les chromitites ophiolitiques. Ces travaux seront cités au fur et à mesure de l'avancement de cette partie.

L'étude qui suit a été entreprise à la suite de l'étude des minéralisations chromifères dans le massif de ophiolitique de Tropoja, effectuée dans le cadre d'une collaboration entre le BRGM et l'Institut d'Etudes et des Projets Géologiques de Tirana.

Parmis les buts de cette étude on citera :

- la caractérisation minéralogique des MGP associés aux chromitites ou aux autres environnements ;
- l'étude de la paragenèse des MGP ;
- l'obtention des données systématiques sur les MGP dans le massif de Tropoja ;
- la mise en évidence des caractéristiques du niveau porteur de MGP dans l'indice minéralisé de Bregu i Bibës ;
- la mise en évidence d'autres niveaux enrichis en MGP.

I.2. GENERALITES SUR LES EGP.

I.2.1. Propriétés physico-chimiques.

Le platine a été découvert en 1736 par les espagnols dans les placers aurifères de Colombie. Il a été décrit pour la première fois par Ulloa (1748).

Le platine et les éléments qui l'accompagnent; osmium, ruthénium, iridium, rhodium et palladium constituent les platinoïdes, ou les éléments du la mine du platine (EGP). Les platinoïdes forment les métaux les plus lourds de groupe VIII de la classification périodique des éléments. On les appelle aussi métaux du groupe du platine. Ils sont conventionnellement divisés en deux groupes: les platinoïdes légers, d'une densité d'environ 12g/t dont le ruthénium, le rhodium et le palladium et les platinoïdes lourds, d'une densité d'environ 22g/t y faisant partie l'osmium, l'iridium et le platine.

Les platinoïdes possèdent une stabilité chimique très élevée et supportent de hautes températures. Malgré cela, ces métaux ont une tendance marquée à nous fournir un grand nombre de composés plus ou moins volatils ou solubles. Il faut noter que ces métaux sous leurs divers degrés d'oxydation, fournissent plusieurs complexes ainsi que des chlorures et des oxydes.

I.2.2. Tendances géochimiques.

Les platinoïdes sont des éléments sidérophiles et chalcophiles. Le tendance sidérophile des platinoïdes est exprimée: par leur concentration élevées dans les météorites fereuses (sidérites), par leur alliages métalliques et aussi par les liaisons métalliques caractéristiques de la structure d'une bonne partie de MGP.

Par contre, la tendance chalcophile des EGP est exprimée: par les hautes teneurs en platinoïdes dans les gisement sulfurés à Ni-Cu associés aux roches basiques ultrabasiques ainsi que par les sulfures de EGP.

Une distinction a été faite, le platine, l'iridium et l'osmium seraient plutôt sidérophiles et le ruthénium, le rhodium et le palladium eux seraient plutôt chalcophiles (Briand et al. 1979, Legendre 1982).

I.2.3. Utilisation en industrie.

La plupart des EGP sont de bons catalyseurs, préférentiellement utilisés dans l'industrie électronique et pétrochimie. En particulier, le platine, le palladium et le rhodium sont les plus recherchés en raison de leur très haute degrés de pureté, de leur point de fusion élevé ainsi que de leur résistance à la corrosion. Ils sont inattaquables par la plupart des acides et peu oxydables.

I.2.4. Exploitation des EGP.

Les EGP ont été d'abord exploités dans des placers, dans des formation sédimentaires détritiques enrichies en minéraux lourds tels ceux de l'Oural découverts en 1819. Plus tard, depuis 1939, les platinoïdes ont été extraits des gisements de sulfures de métaux de bases (SMB) qu'ils valorisent d'autant plus comme sous-produit. Ainsi en est-il à Sudbury, Canada et à Noril'sk, URSS.

Les EGP sont des métaux précieux dont l'extraction est coûteuse. C'est pour ça que le prix des platinoïdes est très élevé et varie d'un élément à l'autre. Leur prix est plus élevé que celui de l'or. L'EGP le plus cher est le rhodium dont le prix va jusqu'à cinq fois plus que celui de platine.

Les platinoïdes sont exploités dans des gisements pour des teneurs comprises entre 5 et 25g/t.

I.2.5. Historique des EGP dans le massif ophiolitique de Tropoja.

Au debut des années 1980, les géologues albanais réagissent aussitôt en voyant les premiers résultats des études consacrés aux MGP dans divers complexes ophiolitiques, Notre entreprise, Entreprise Géologique de B Curri, en collaboration avec celle de Tirana choisissent le secteur Stoberdë pour une étude cartographique, géologique et géochimique plus détaillée. Dans ce secteur fait partie l'indice de Bregu i Bibës. La présence des MGP dans les chromitites du massif de Tropoja avait été déjà signalée par Çina (1967).

Ces travaux conduisent à la decouverte du niveau enrichi en EGP.

Depuis, l'Entreprise Géoligique de B Curri a effectué de nombreux travaux de recherche, tranchés, galeries et forages. Ces tarvaux étaient plutôt du caractère quantitatives (quantités de EGP, quantités de reserves géologiques).

Les résultats de ces travaux préliminaires ont été consignés dans l'étude de Boshnjaku et al. (1988) et celle de Boshnjaku (1992). Çina (1989) classifie en quatre types les MGP du complexe ophiolitique des Albanides dont deux appartiennent au massif de Tropoja. Nos études, Neziraj et al. (1991) et Ohnenstetter et al. (1991) portent plus spécifiquement sur la minéralogie et les conditions de formation des minéralisations platinifères.

I.3. CADRE GEOLOGIQUE.

Les MGP ont été étudiés aussi bien dans le manteau que dans les cumulats, d'où deux types de MGP : mantelliques et cumulatifs. Nous viendrons plus tard sur la classification de MGP.

La description géologique des gisements mantelliques est faite pour certains gisements représentatifs dans la partie sur la minéralisation chromifère

On peut y ajouter que tous les gisements de chromite peuvent contenir des MGP, bien que l'on n'en ait pas observé dans tous les échantillons. A notre avis, une telle manque d'observation est due à la trop petite quantité de EGP dans ces chromitites en partie due à la petite taille d'une section polie, 7cm² dans le meilleur des cas.

Par contre, la géologie des indices de chromites dans les cumulats qui sont riches à extrêmement riches en EGP va être décrite plus en détail. La description détaillée de la géologie du secteur Stoberdë, indice de Bregu i Bibës plus en détail, et celle de l'indice Maja e Sukës représentant la deuxième coupe dans les cumulats peuvent être suffisantes pour la compréhension des phénomènes.

I.3.1. Géologie du secteur de Stoberdë.

Le secteur en question se situe dans une synforme de cumulat plus ou moins au centre du massif, près de la frontière yougoslave (Fig. III.1.).

La géologie du secteur est simple (Fig. III.2.) : une petite ecaille de harzburgites serpentinisées à la base surmontées par des dunites elles aussi serpentinisées et des pyroxénites.

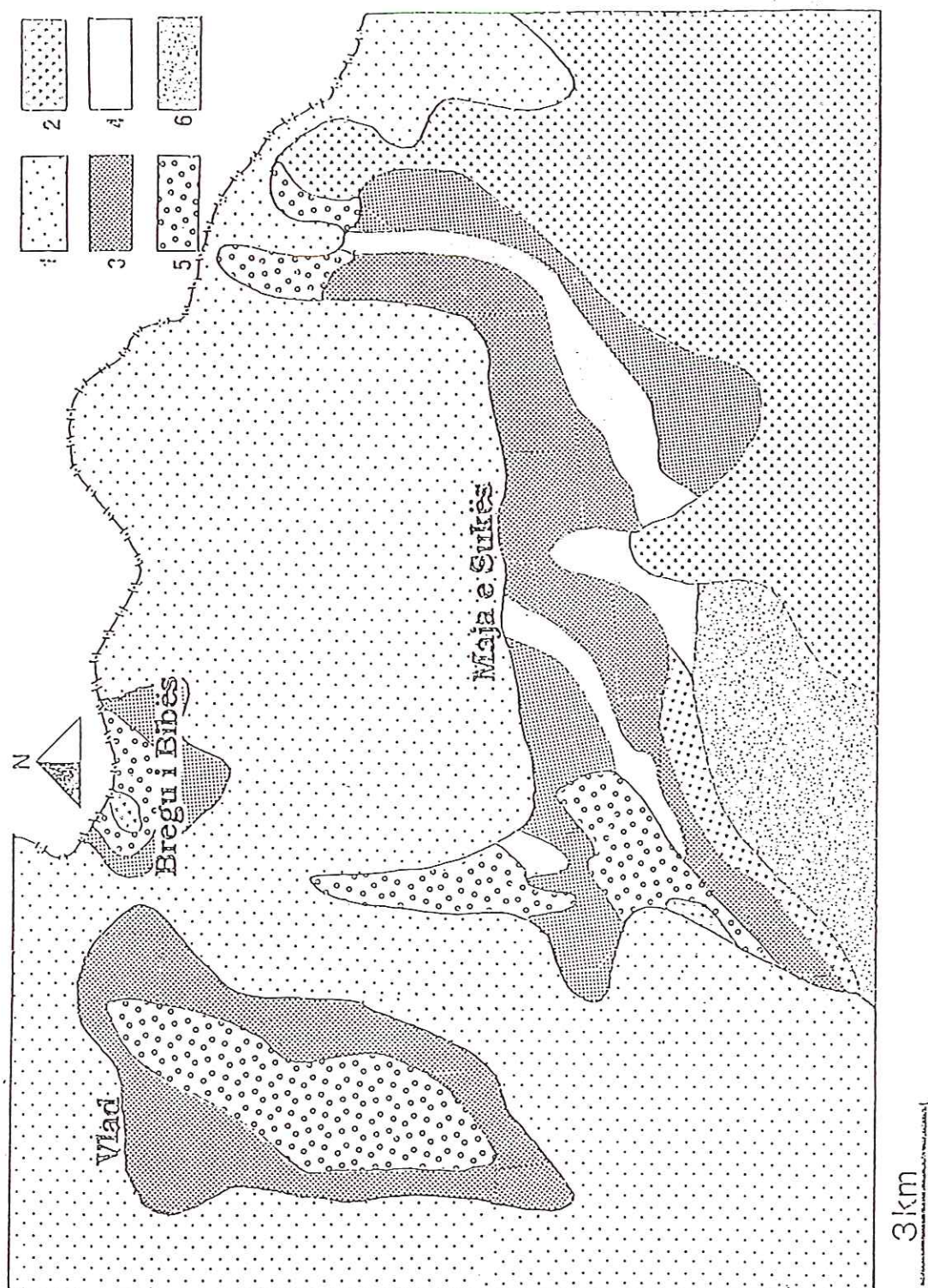


FIGURE III.1. -Affleurement des cumulats dans le massif de Tropoja : 1- Harzburgites mantellique ; 2- Gabbros ; 3- Dunites ; 4- Harburgites plagiophères ; 5- Pyroxénites ; 6- Efusives.

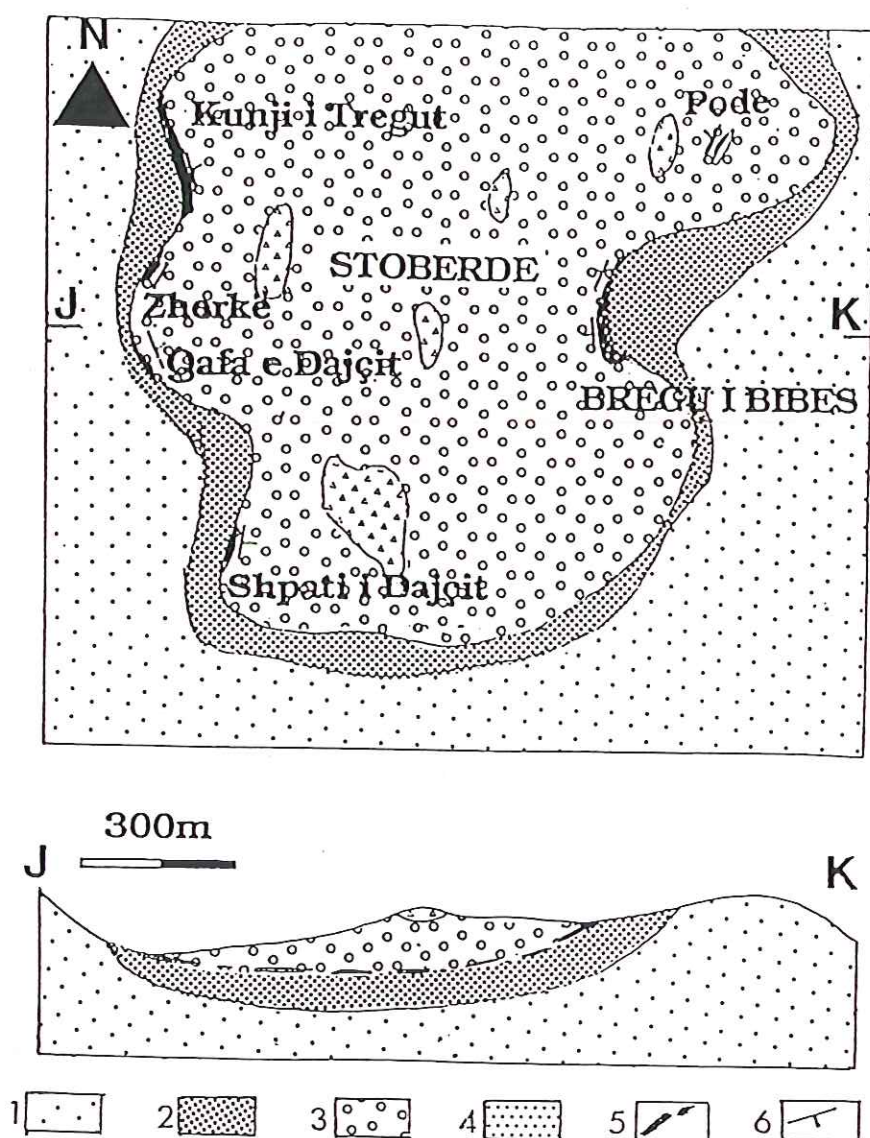


FIGURE III.2. -Carte géologique simplifiée de l'indice de Bregu i Bibës. 1- harzburgites mantelliques, 2- dunites, 3- pyroxénites, 4- gabbros, 5- chromitites, 6- rubanement dans les harzburgites.

Aux pyroxénites succèdent des mélagabbronorites à grain moyen ayant deux pyroxènes en cumulus et le plagioclase en intercumulus. Les gabbros supérieurs sont constitués principalement de ferrogabbronorites. L'interface dunitite/pyroxénite est marquée par la présence de chromite et est extrêmement riche en EGP. Tout cet ensemble a une épaisseur qui, selon les données du terrain et des forages, dépasse les 300m.

Six indices à la fois de chromite et de platinoïdes ont été mis en évidence

tout au long de l'interface dunite/pyroxénite : Pode, Bregu i Bibës, Shpati i Dajçit, Maja e Dajçit, Zherkë et Kunji i Tregut (fig. III.2.). L'indice de Bregu i Bibës est le plus important.

I.3.1.1. Géologie de l'indice de Bregu i Bibës.

L'indice de Bregu i Bibës se trouve dans la partie Est du secteur de Stoberdë. Cet indice est le plus étudié, et presque toutes les données que l'on a sur les P.G.M. dans les cumulats proviennent de cet indice.

La géologie de l'indice est est voisine de décrite pour le secteur de Stoberdë (Fig. III.3.). On décrirera plus de détail les dunites, les pyroxénites et surtout le niveau porteur de la minéralisation platinifère situé à l'interface dunite/ pyroxénite.

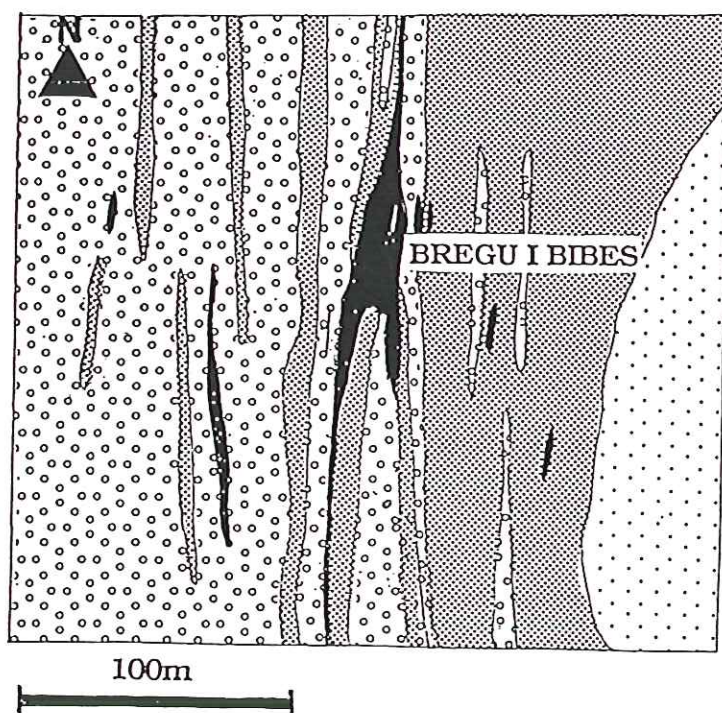


FIGURE III.3. -Géologie détaillée de l'indice de Bregu i Bibës. Légende cf. figure III.2.

Les dunites ont une épaisseur d'environ 100m, sont très sombres, car serpentinisées et contiennent des gros spinelles brillants (riche en Fe^{3+}) et allongés.

Les pyroxénites ont une épaisseur variable qui peut atteindre 100m. Elles

sont constituées de deux pyroxènes, mais l'orthopyroxène prédomine. La taille des cristaux est de quelques centimètres.

Le passage des dunites aux pyroxénites est caractérisé de nombreux filons anastomosés de taille, d'extension et d'orientation variables. Les filons subverticaux, parallèles ou obliques par rapport au rubanement des dunites sont rayés par des filons plats dont l'attitude se rapproche de celle des cumulats supérieurs.

Ces filons sont constitués de pyroxénites plus ou moins riches en spinelle et de chromitites en schlieren. Les pyroxènes peuvent atteindre une vingtaine de centimètres, certains ayant poussés perpendiculairement aux épontes (Fig. III.4.).

L'aspect quelquefois bréchique des affleurements résulte de l'imbrication des filons, de la discontinuité des faciès lithologiques et des variations dans la taille des grains.

Le passage dunite/pyroxénite fait le niveau porteur de la minéralisation platinifère. Il atteint 60m en épaisseur et est constitué de plusieurs lentilles très riches en EGP. Ces lentilles ont une extension qui va jusqu'à 200m en longueur et 20-60, voire 100m en profondeur. Leur épaisseur varie entre 1 et 15m. En dehors du niveau principal il peut avoir des corps minéralisés avec des dimensions limitées (Fig. III.4.).

La zone enrichie en EGP de l'indice de Bregu à Bibès présente de nombreux caractères communs aux niveaux porteurs de EGP des intrusions stratifiées tels que :

- le caractère saturé en SiO_2 du magma, souligné par la présence des mélagabbros noritiques ;
- la localisation du niveau porteur en EGP à l'interface de deux unités lithologiquement distinctes, en occurrence l'interface dunite/pyroxénite
- l'existence de brèches magmatiques témoignant de la présence de turbulences magmatiques favorisant les variations de $f\text{O}_2$ et donc la précipitation des métaux ;
- l'existence de pyroxénites pegmatitiques qui indique une forte activité des fluides ;
- la présence de la chromite.

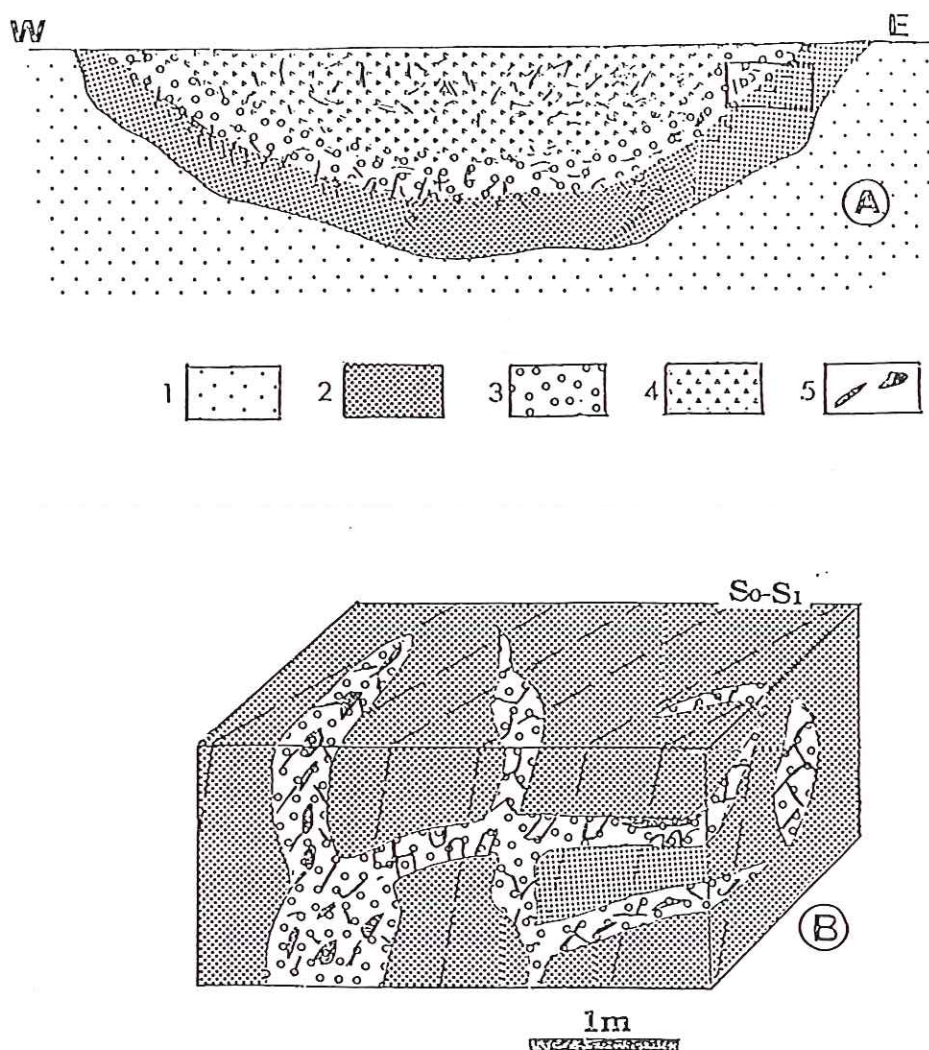


FIGURE III.4. -Coupe schématique de la séquence cumulative porteuse d'indice de EGP de Bregu à Bibès. B : détail des relations dunite-pyroxénite plus au moins riche en spinelle dans le niveau enrichi en EGP. Noter la présence de filons qui conduisent par leur à conférer un aspect bréchique au niveau.

I.3.2. L'indice de Maja e Sukës.

Cet indice se situe au Sud-Est du massif, dans les cumulats du type décrit dans le coupe Kam-Helshan-Kostur. L'indice chromifère est au milieu d'un grand corps représentant les dunites de la base des cumulats (Fig. III.5.). Ces dunites sont serpentinisées. L'extension du corps minéralisé atteint 80m en longueur et 170m en profondeur. Son épaisseur varie entre 1,2 et 3,7m. La quantité maximale de Cr_2O_3 est 20,05%.

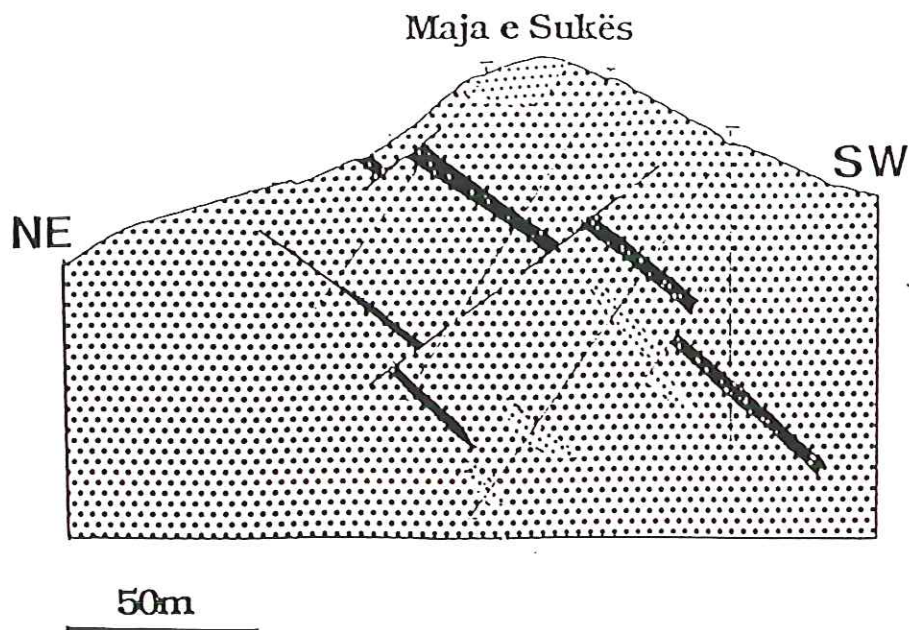


FIGURE III.5. Coupe schématique de l'indice minéralisée de Maja e Sukës. Le corps de chromitite, en noir, est renfermé dans les dunites en pointillées.

Elle varie en fonction du changement de la texture. Trois types de texture sont caractéristiques : disséminé, rubané et en schlieren. Les contacts avec les roches encaissantes sont graduels (Boshnjaku et al. 1976). Cet indice présente une pseudocouche morcelée en certains blocs par des failles tardives.

Dans cet indice a été observé un seul grain, le grain polyphasé de l'échantillon 33A.

I.4. METHODE DE TRAVAIL.

Pour effectuer notre étude nous avons procédé par étapes. Nous allons essayer d'expliquer le travail effectué selon les diverses étapes.

I.4.1. Critères de sélection d'échantillons.

Tous les échantillons provenant des cumulats et les chromitites du manteau, d'une quantité suffisante, ont été analysés dans le Laboratoire NAS au Canada. Là nous avons analysé en routine le platine et le palladium et dans certains cas l'or. Les résultats de ces analyses ont été la première et la

principale sélection.

Certains de ces analyses ont été complétées pour les autres éléments dans notre laboratoire par la méthode de l'activation neutronique. En réanalysant le platine et le palladium on s'est rendu compte que les valeurs du platine varient trop par rapport à celles du Canada pour la même poudre. Les valeurs de palladium varient moins. Ces variations, des fois triplées, sont dues, à notre avis, de la mauvaise homogénéisation de la poudre. Vu la taille maximale d'un grain de MGP dans le massif, 60 μm , il se peut qu'un grain soit entièrement englobé dans un grain de la roche hôte, ce qui rend difficile la homogénéisation des EGP dans la poudre. Pour le palladium ce phénomène est moins important, peut-être à cause de sa petite quantité. On pense que plus la quantité est grande et la taille petite plus les variations sont larges.

Un deuxième critère de sélection a été la localisation des échantillons. Pour étudier les MGP dans le manteau nous avons été obligé de sélectionner certains échantillons de chromite qui ne présentaient pas de valeurs élevées en P.G.E..

Malgré le travail fastidieux au microscope, nous avons réussi à observer des MGP dans ces échantillons et de faire une étude plus approfondie en minéralogie.

I.4.2. Préparation des échantillons.

Les échantillons que nous avons à étudier ont été montés soit sous forme de section polie, soit sous forme de lame mince. Des sections polies ont été montées à partir des grains de chromite et de silicate, indice Bregu i Bibès, et des grains de spinelle accessoires des différentes roches du manteau et des cumulats. Ces préparations nous ont permis de faire une étude en lumière réfléchie au microscope métallographique pour la recherche des MGP.

I.4.3. Observations au microscope métallographique.

Les préparations ont été systématiquement observées au microscope métallographique avec un grossissement de 200x. La différence de pouvoir réflecteur entre la chromite et les MGP est telle que ces derniers, au dessus d'un μm , sont assez facilement repérables.

Les P.G.M. ont été recherchés aussi bien dans les chromitites que dans les silicates de la gangue malgré que ces derniers ne sont aussi bien polis que les chromitites.

Une fois repérés, les MGP sont cerclés et dans très rares des cas ont été observés avec un grossissement de 1250x sous immersion.

I.4.4. Etude au Microscope Électronique à Balayage.

Tous les grains observés au microscope métallographique ont ensuite été étudiés au MEB muni d'une diode Si(Li), nous permettant d'obtenir des analyses qualitatives et d'effectuer des photos à fort grossissement.

Cette opération a été effectuée surtout au BRGM mais aussi dans le Laboratoire de la Microscopie Électronique à Balayage de l'Université Paris VI et au service commun de l'Université de Nancy I. Toutes les photos des grains qui illustrent cette partie ont été faites sur le MEB de l'Université de Nancy.

I.4.5. Analyse à la microsonde électronique.

Les grains étudiés au MEB, à l'exception de ceux qui ont été arrachés pendant la préparation des sections polies pour la sonde, ont été surtout analysés à la microsonde CAMEBAX et une petite partie à la microsonde SX50 toutes les deux BRGM-CNRS, Orléans.

Les conditions d'analyse sont : une tension d'excitation 25kv. et le courant de référence 30nA. Le temps de comptage pour chaque élément est de six secondes, à l'exception d'un peu de cas où le fer a été compté sur dix secondes.

Les phénomènes d'absorption et de fluorescence ont été corrigés instantanément par un ordinateur couplé à la microsonde utilisant le programme de correction, ZAF (Henoc et Tong 1978) pour la CAMEBAX, et PAP pour la SX50 (Pouchon et Pichoir 1984).

L'étude au MEB nous a permis de déterminer les éléments constitutifs probables pour faciliter les analyses à la microsonde. Ainsi, treize éléments ont été analysés en routine.

Malgré très rare, pour des cas bien particuliers sept autres éléments ont été analysés. Les standards ainsi que les raies d'émission X et les cristaux

analyseurs sont donnés ci-après :

Elément analysé	Standart	Raie d'emission X	Cristal analyseur
Soufre	Pyrite	K α	PET
Osmium	Os métal	L α ;L β	LiF
Arsenic	GaAs ₂	L β	TAP
Chrome	Cr ₂ O ₃	K α	PET
Ruthénium	Ru métal	L α	PET
Platine	Pt métal	L α	LiF
Cuivre	Cu métal	K α	LiF
Fer	Fe métal	K α	LiF
Rhodium	Rh métal	L α	PET
Iridium	Ir métal	L α	LiF
Nickel	Ni métal	K α	LiF
Palladium	Pd métal	L β	PET
Cobalt	Co métal	K α	LiF
Tellure	Te métal	L α	PET
Bismuth	Bi métal	M α	PET
Plomb	Galène	M α	PET
Stibium	Stibine	L α	PET
Or	Au métal	L α	LiF
Mercure	Cinabre	M α	PET
Etain	Cassiterite	L α	PET

Le chrome et en partie le fer ont été dosés dans un autre but. Vu la taille des MGP dans nos échantillons il est impossible de ne pas exciter les éléments du minéral hôte, en l'occurrence la chromite, phénomène mis en évidence sur d'autres minéraux de petite taille inclus dans la chromite telle que l'olivine.

I.4.6. Correction des analyses.

Les analyses représentatives de chaque MGP trouvé sont données dans les tableaux (annexe). Les critères qui nous ont permis de retenir ces analyses sont : que la somme des éléments soit le plus près possible de 100% avec le minimum de chrome et un bon accord avec la formule stoechiométrique.

Pour avoir des analyses d'un maniement plus pratique et directement comparable, nous avons procédé à une correction de nos analyses en trois étapes :

- élimination du chrome dans l'analyse puisque nous pensons qu'il n'est pas présent dans le réseau de ces minéraux et qu'il provient de la chromite hôte ;
- correction selon la règle de trois de la teneur du fer correspondant au chrome ;

-l'ensemble de l'analyse après ces deux opérations est ramené à 100%.

Dans les tableaux, présentées dans l'annexe de l'étude, pour chaque analyse trois colonnes sont distinguées. La première correspond à l'analyse brute provenant de la microsonde. La deuxième est l'analyse corrigée, c'est-à-dire l'analyse brute dont on retire le chrome et la proportion de fer due à la chromite et recalculée à 100%. La troisième est la concentration atomique calculée sur la base de l'analyse corrigée.

I.4.7. Provenance des échantillons.

Chronologiquement, nous avons commencé à rechercher les MGP dans les chromitites provenant de l'indice de Bregu i Bibës. Au fur et à mesure de nos études nous avons observé au microscope métallographique environ 135 échantillons. Dans 55 entre eux nous avons pu observer des P.G.M. Ces échantillons sont répartis : 23 pour l'indice Bregu i Bibës, 22 pour le manteau harzburgitique, 4 pour l'indice Shpati i Dajçit, 2 pour l'ensemble Skatinë-Gëzhime, 1 pour l'indice Maja e Sukës et 1 pour l'indice Vrith, massif de Tërbuni de la ceinture occidentale

L'échantillonnage dans l'indice de Bregu i Bibës a été effectué selon une coupe (Fig. I.16.) partant de la base des cumulats et traversant le niveau enrichi en P.G.E. et suivant deux sondages parmi les nombreux forages effectués dans cet indice. Ces deux forages traversent toute l'épaisseur des cumulats de leur base au sommet. Les échantillons ont été sélectionnés ci-dessus et ont été étudiés plus en détail.

Les échantillons du manteau sont les mêmes que ceux qui ont été étudiés pour la chromite.

Les échantillons de l'ensemble Skatine-Gëzhime ont été prélevés le long de la coupe Kam-Helshan-Kostur.

Nous avons pu bénéficier de trois échantillons représentatifs de trois niveaux chromifères provenant du massif de Tërbuni, ceinture occidentale et de deux échantillons provenant du massif de Kukësi, ceinture orientale. Ces échantillons nous ont été fournis par des collègues albanais, respectivement Pjetri et Hoxha, qui travaillent sur ces massifs.

CHAPITRE II

II. ETUDE STATISTIQUE DES P.G.M..

II.1 REPARTITION STATISTIQUE DES ECHANTILLONS ET DES PLAGES DE MGP.

L'étude des EGP est basée sur 55 échantillons, contenant des P.G.M., parmi environ 110 observés. Donc, un échantillon sur deux observés contient des MGP. Pratiquement tous les échantillons de Bregu i Bibës contiennent des MGP tandis que un échantillon sur trois observés dans le manteau en contient.

Les 55 échantillons qui contiennent des MGP sont répartis de façon suivante: 23 appartiennent à l'indice de Bregu i Bibës; 22 au manteau; 4 à l'indice de Vlad; 2 au secteur Kam-Helshan; 1 à l'indice de Maja e Sukës et 1 à l'indice de Vrith de la ceinture occidentale.

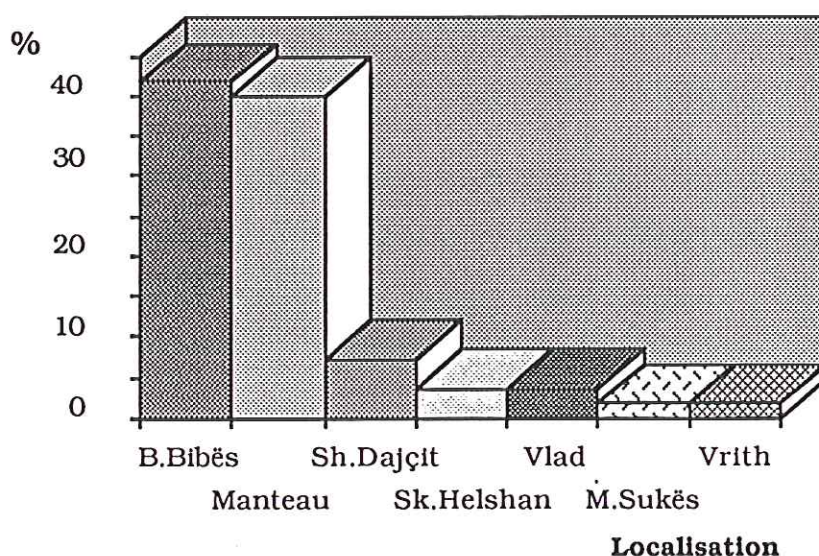


FIGURE III.6 . -Répartitton géographique des échantillons contenant des grains de MGP.

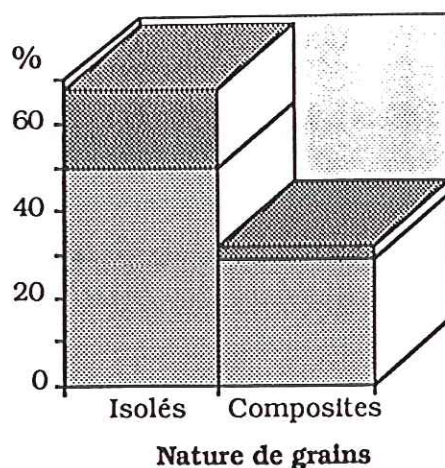


FIGURE III.7.-Etude statistique sur la nature des grains de MGP observés: 1- MGP dans cumulats. 2- MGP dans le manteau.

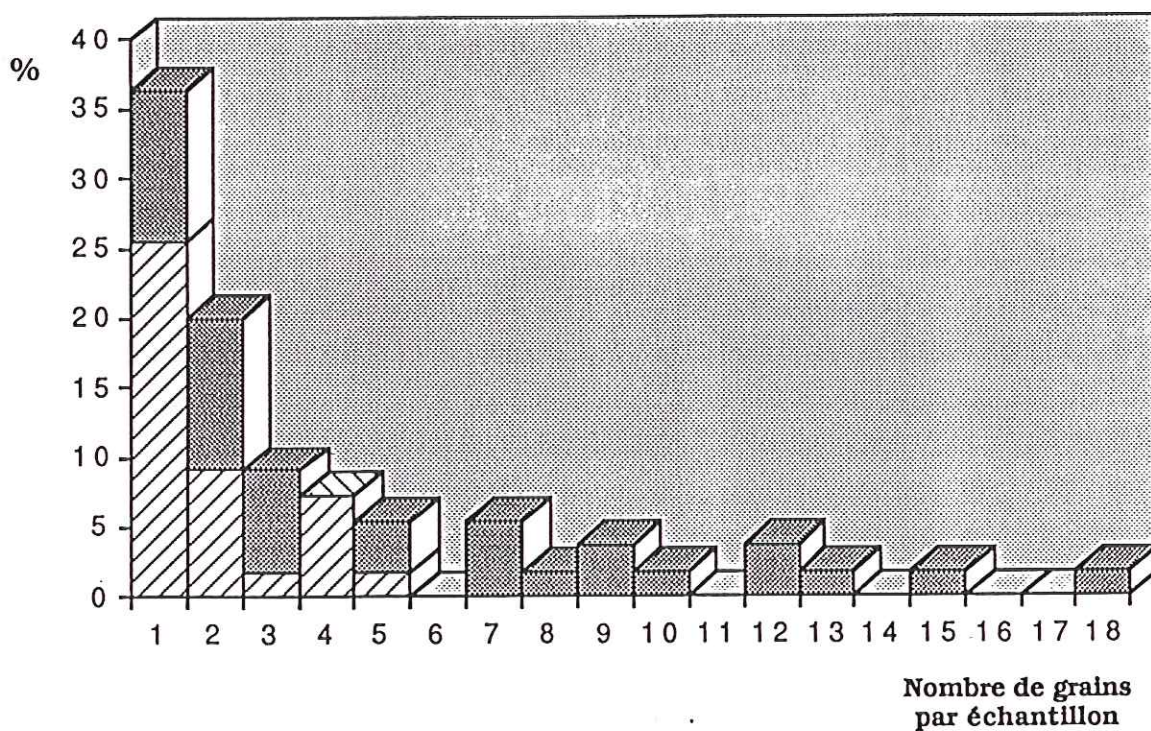


FIGURE III. 8 -Répartition statistique du nombre de grains rencontrés dans les échantillons observés. La partie supérieure appartient au cumulus tandis que la partie inférieure appartient au manteau.

En tout, 215 grains de MGP y ont été observés ce qui donne la moyenne de 4 grains par échantillon (2 grains pour le manteau et 5 pour les cumulats).

Ces grains sont soit isolés dans la chromite ou les silicates, quelques fois ils sont accompagnés d'un silicate, soit composés de plusieurs MGP.

En général, les grains de MGP observés au contact silicate interstitiel/

chromite sont composés de phases diverses.

Les grains isolés font la majorité, 68%. Des grains composés dans le manteau ont été assez rarement observés (fig.III.7.).

La répartition du nombre des grains dans les échantillons n'est pas constante. Nous avons pu observé jusqu'à 18 grains de MGP dans un échantillon (M78). Cette répartition est plus uniforme pour les cumulats tandis que dans le manteau plus de la moitié des échantillons étudiés contiennent un seul grain.

La répartition en question est donnée dans la figure III.8. Elle se fait selon une courbe où environ 37% des échantillons contiennent un seul grain et le pourcentage des échantillons qui contiennent plusieurs grains diminue au fur et à mesure.

II.2. POSITION DES GRAINS DE MGP.

Des MGP ont été recherchés et trouvés aussi bien dans les cristaux de chromite qu'au contact silicates interstitiels/chromite et même dans les silicates interstitiels. Les MGP inclus dans la chromite sont les plus abondants, 83,26% (fig.III.9.). Il faut noter qu'une partie non négligeable de ces derniers se trouvent dans des fissures qui ont affecté la chromite. Ces fissures sont, à notre avis, plus tardives que la formation des MGP. Très peu de grains de MGP, 4,18%, ont été observés dans les silicates interstitiels. Aucun grain n'a été observé au contact silicate interstitiel/chromite des chromitites mantelliques.

La répartition des MGP selon leur position par rapport à la chromite et les silicates interstitiels est donnée dans la figure III.9.

Leur position au contact silicate interstitiel/chromite suggère une origine secondaire de certains MGP.

II.3. REPARTITION STATISTIQUE DES SURFACES.

Les MGP ont, en général, une petite taille qui rarement dépasse les 100 μ m en longueur. Mesurant la longueur et la largeur moyenne, nous avons calculé la surface des grains. Ces dernières sont présentées dans le tableau II-1. Pour faire une représentation graphique de ces surface nous les avons groupées selon des intervalles. Pour éviter les incertitudes de mesures sur les grains, incertitudes qui peuvent jouer sur la valeur de la surface, nous avons elargi

les intervalles au fur et à mesure que les surface augmentent (fig.III.10.).

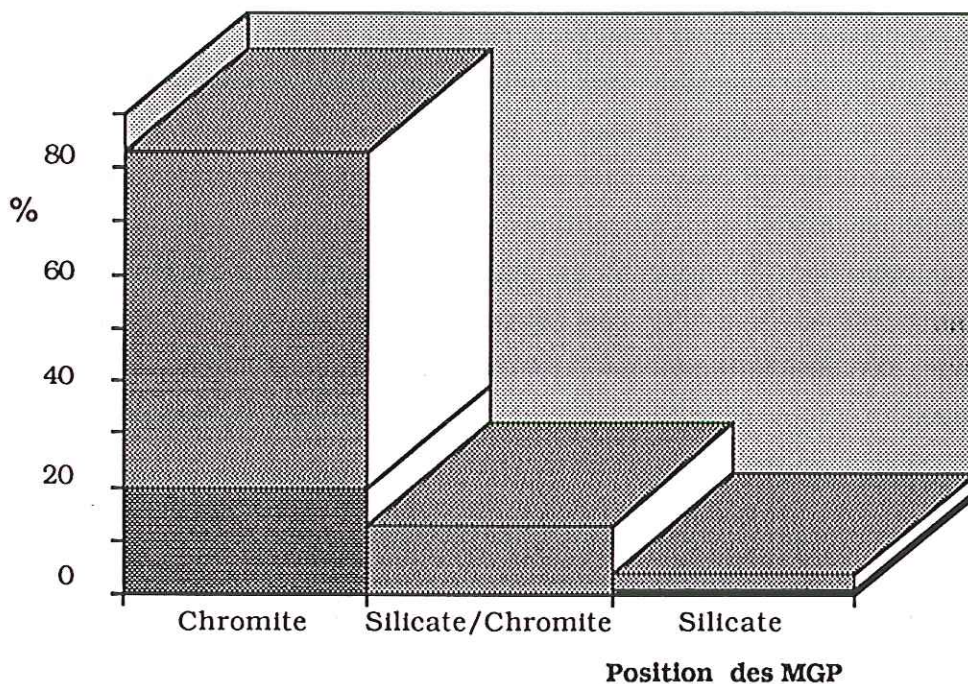


FIGURE III.10. -Répartition statistique des grains de PGM. selon leur position par rapport à la chromite et le silicates interstitiels. Haut, cumulats; Bas, manteau.

L'influence de l'incertitude de mesure serait plus évidente pour les grains dont les dimension sont les plus grandes ce qui fait augmente ou diminue, selon le sens de l'incertitude, la surface du grain. Ceci fait que la surface du grain appartienne artificiellement à une autre intervalle. En elargissant les intervalles on diminue la probabilité que la surface du grain saute d'une interavalle à l'autre.

On distingue deux pic importants (fig.III.11.). Vers un tiers des grains ont une surface entre 0 et $10\mu\text{m}^2$, représentant premier pic. Le deuxième pic appartient à l'intervalle $100\text{-}500\mu\text{m}^2$, et est représenté, en majorité, par les grains de P.G.M. inclus dans la chromite ou au contact silicate interstitiel/chromite dans les cumulats.

Dans le manteau dominant les grains à petite taille tandis que dans les cumulats les surface sont mieux réparties.

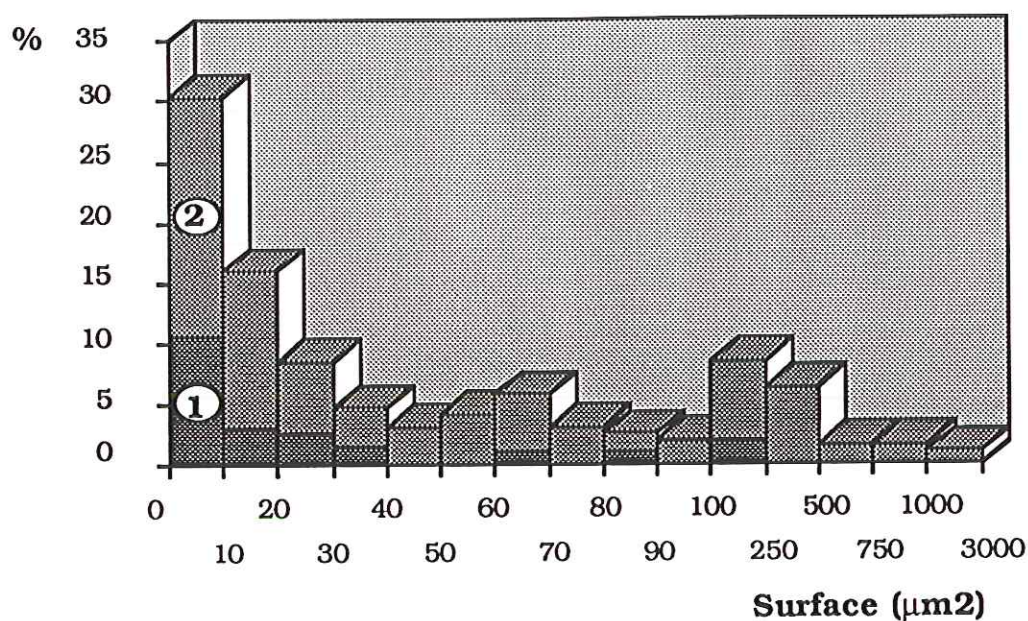


FIGURE III.11. -Répartition statistique des surface de plages de MGP observés dans le massif de Tropoja. 1-MGP dans le manteau 2-MGP dans les cumulats.

La surface maximale appartient au grain M78/5 dans les silicates interstitiels.

La surface maximale, les surfaces moyennes et l'écart type, selon les positions des grains, sont données ci-dessous :

	Silicate	Sil/Chrom.	Chromite	Chrom.Ma.	Chrom.Cum
Surf. max. μm^2	2100	1110	900	121	900
Surf. moy. μm^2	254,28	244,59	61,59	28,05	73,16
Ecart type σ	692,28	268,43	131,97	36,21	150,03

Statistiquement, les P.G.M. qui se trouvent au contact silicate interstitiel/ chromite sont plus gros. Peut-être leur taille est-elle liée à leur origine secondaire

II.4. REPARTITION STATISTIQUE DES MGP.

La minéralisation platinifère du massif ophiolitique de Tropoja est essentiellement dominée par les alliages, (68%) soit près de deux tiers de tous les P.G.M. observés. Les 32% restant sont représentés par les sulfures, les arséniures, les sulfo-arséniures et les tellurures (fig.III.12.).

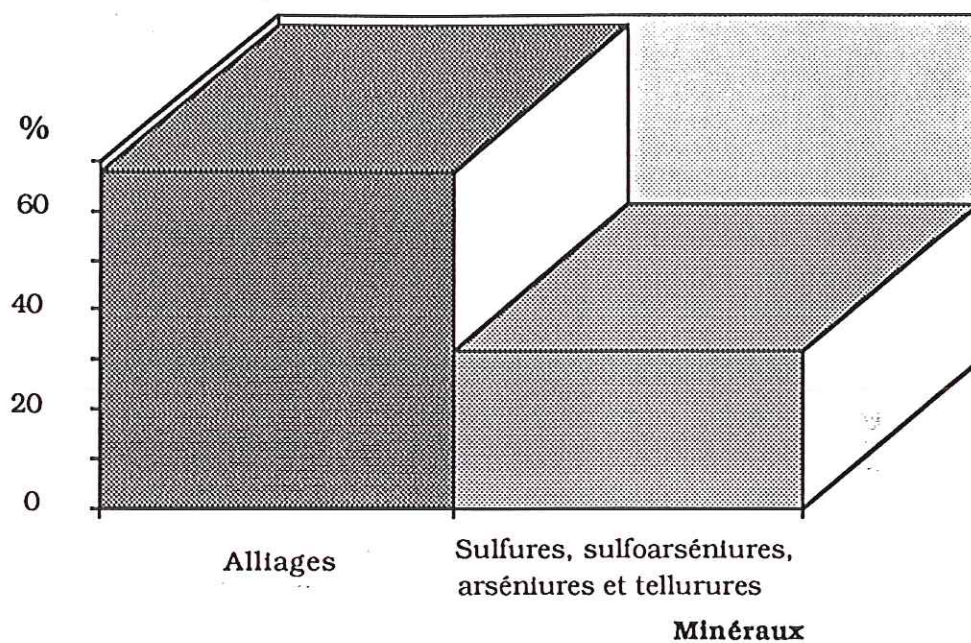


FIGURE III.12 -Répartition des MGP du massif en alliages et autres minéraux.

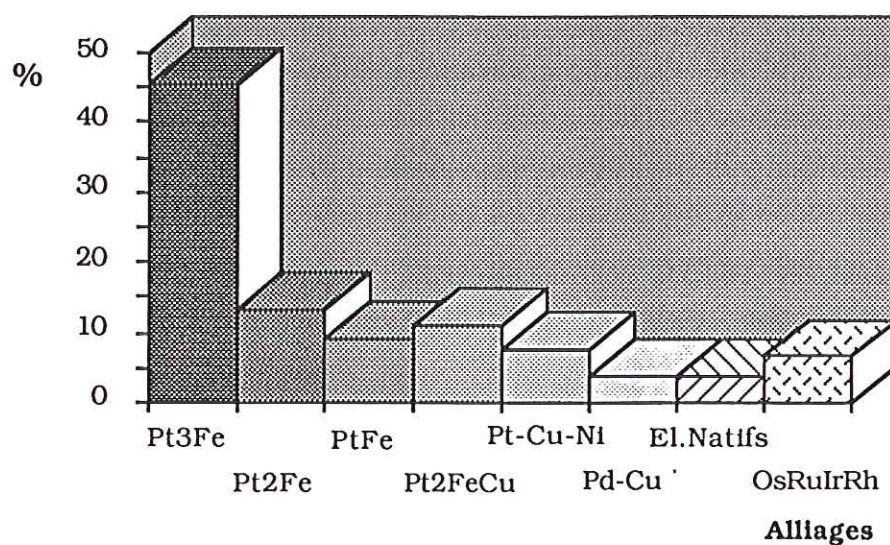


FIGURE III.13. -Répartition statistique des alliages rencontrés dans le massif.

Les alliages, eux-mêmes, sont diversifiés. La majorité d'eux, 45%, est représentée par l'isoferroplatine (fig.III.13.). Le pourcentage entre les autres alliages partagé de façon relativement homogène.

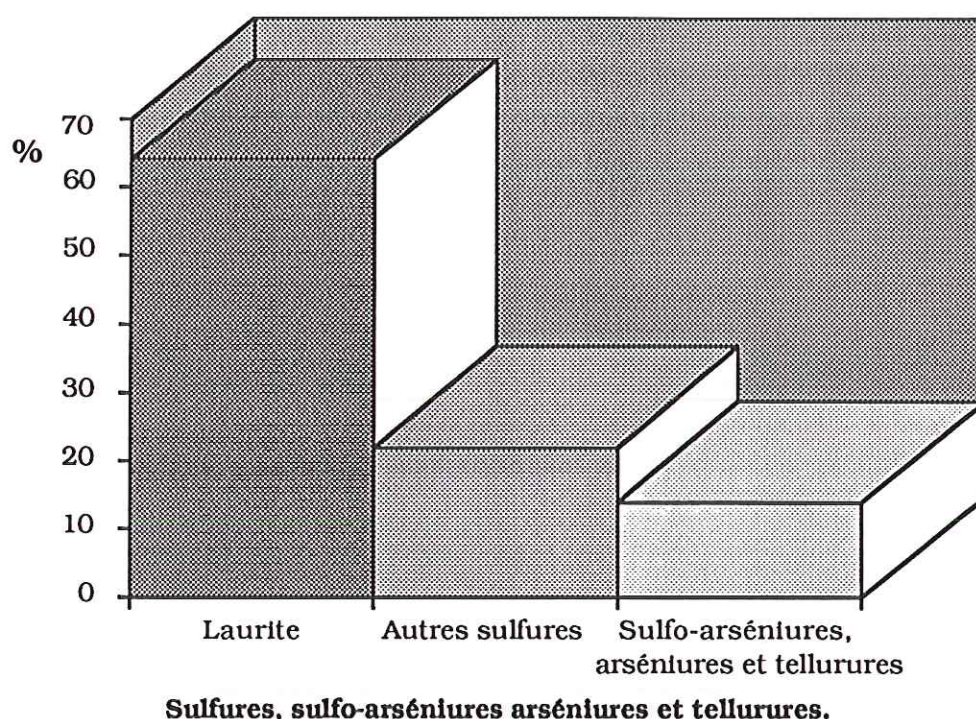


FIGURE III.14. -Répartition statistique des autres MGP outre que les alliages.

Il faut noter que, mise à part certains alliages d'osmium, d'iridium et de ruthénium dans le manteau, tous les alliages sont liés à la série cumulative.

Les autres minéraux ont été classés en laurite, en autres sulfures et en sulfoarséniures, arséniures et tellurures (fig.III.14.). Les laurites représentent 65% de la population, les autres sulfures 21% et le reste 14%.

Il faut noter que 57,5% des laurites sont dans des roches cumulatives. Les autres minéraux, mis à part un Ru_2S et un Ru_3S_2 de l'échantillon 84A provenant du manteau, sont dans des roches cumulatives.

II.5. REPARTITION DES MINERAUX PORTEURS DE Pt,Pd,Rh A BREGU I BIBES

Une telle répartition a été faite dans le but de faciliter la discussion sur les trois stades possibles de la formation de la minéralisation platinifère de l'indice de Bregu i Bibès. Pour ce faire nous avons groupé les P.G.M. en alliages, sulfures, sulfo-arséniures et enfin en arséniures et tellurures (Fig.III.15.).

Les alliages sont largement prépondérants sur les autres minéraux, 88%. Ils appartiennent aux trois stades de la minéralisation mais la plupart appartiennent au premier et au deuxième stade. L'isoferroplatine représente

plus de la moitié de la population.

Les sulfures et sulfo-arséniures de Pt, Pd, Rh appartiennent au deuxième stade tandis que les arséniures et les tellurures appartiennent au troisième stade.

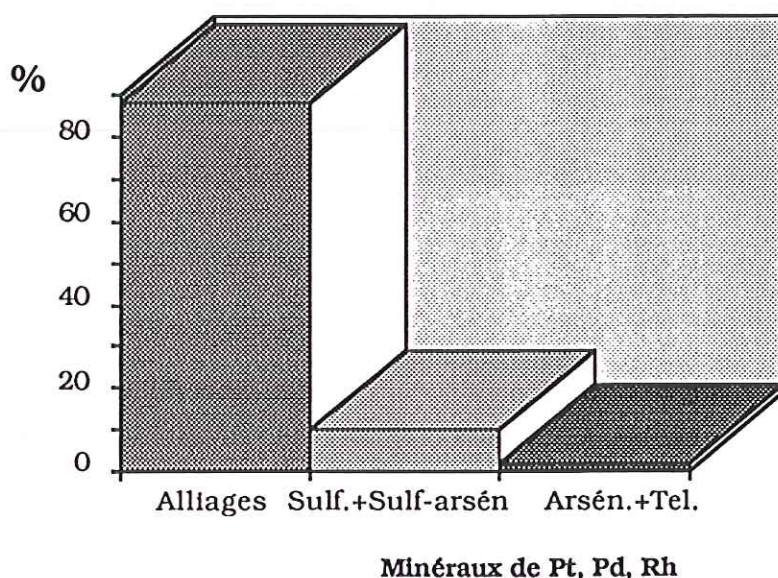


FIGURE III.15. -Répartition des minéraux de Pt, Pd, Rh dans l'indice de Bregu i Bibës.

II.6. REPARTITION DES PHASES A VLAD ET A MAJA E SUKES

Les échantillons disponibles pour ces deux indices ont été limités, trois (128A, 129A et 154A) pour l'indice de Vlad et un seul (33A) pour l'indice de Maja e Sukës. Dans deux sur trois échantillons de l'indice de Vlad nous avons trouvé trois grains de P.G.M. : un alliage de Pt-Fe, d'un sulfure de Rh et trois laurite-erlichmanites (Fig....). Ces minéraux appartiennent aux deux premiers stades.

Dans l'échantillon représentatif de l'indice de Maja e Sukës a été trouvé un grain de P.G.M. composit formé de deux sulfo-arséniures (hollingworthite et $\text{NiRh}_2(\text{S,As})_4$) et de deux arséniures (sperryllite et anduoïte) (fig.III.16.). Ces minéraux appartiennent au stade II et au stade III.

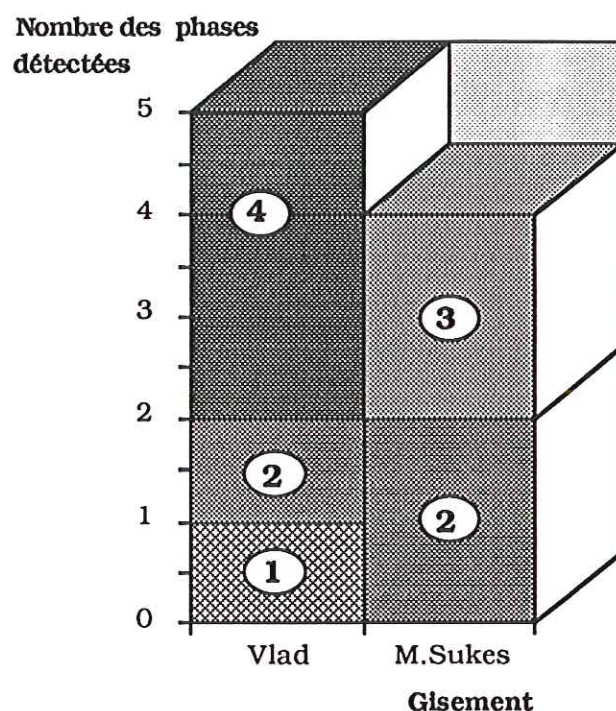


FIGURE III.16. -Répartition des phases dans les indices de Vlad et de Maja e Sukës

II.7. RELATIONS : (Pt+Pd) ; SURFACE MOYENNE ; NOMBRE DE PLAGES DANS L'INDICE DE BREGU I BIBES.

Comme a été mentionné ci-dessus, nous avons calculé la surface moyenne des grains pour chaque échantillon (Tab. II-1). Faisant cela nous nous sommes aperçus qu'il semblait exister des relations entre le nombre des grains par échantillon, leur surface moyenne et la somme (Pt+Pd) des chantillons. Ce fait nous a amené de mettre ces données dans les diagrammes des figures III. 17 et 18.

Ces trois diagrammes montrent d'excellentes corrélations positives entre les données citées ci-dessus.

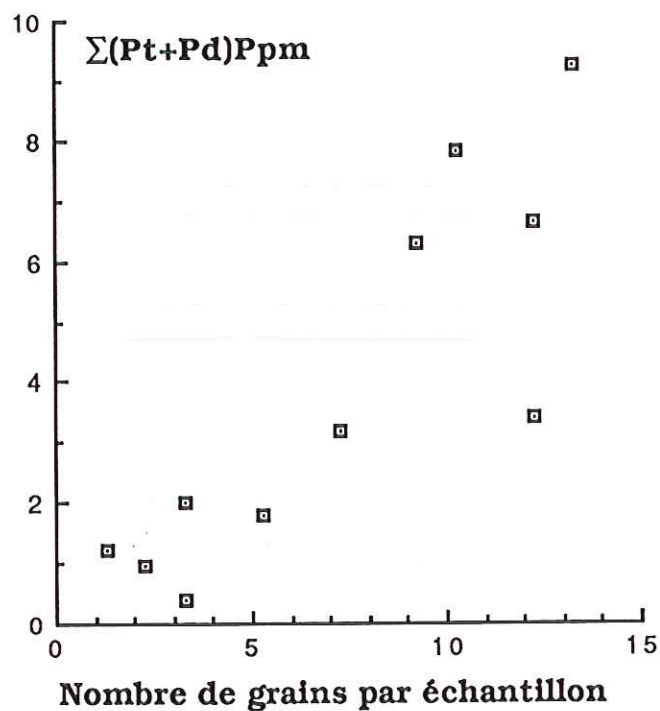


FIGURE III.17. -Correlation positives entre la somme (Pt+Pd) et le nombre de plages par échantillon, indice de Bregu t Bibès.

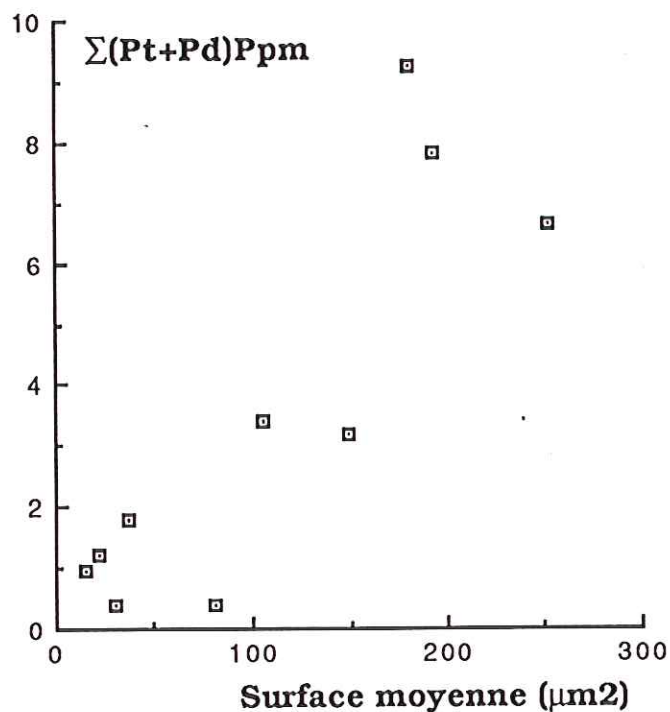


FIGURE III.18. -Correlations positives entre la somme (Pt+Pd) et la surface moyenne de grains dans un échantillon, indice de Bregu t Bibès.

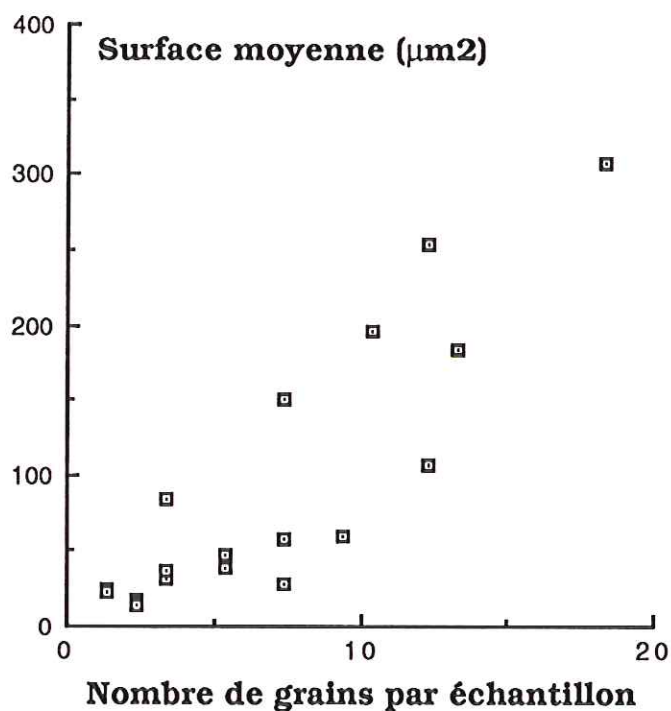


FIGURE III.19. -Correlations positives entre le nombre de grains et leur surface moyenne dans un échantillon, indice de Bregu i Bibès.

Plus le nombre de grains dans un échantillon étudié est grand, plus la surface moyenne des grains que l'échantillon contient est grande et plus la somme (Pt+Pd) pour un échantillon est élevée.

L'étude a été menée uniquement pour les minéraux de l'indice de Bregu i Bibès parce que nous en avons une information complète. Pour les autres indices les informations sont insuffisantes par manque d'échantillons.

Le fait d'avoir les correlations positives ci-dessus nous fait penser que dans l'indice de Bregu i Bibès il y a eu un changement brutal des paramètres thermodynamiques lors de la formation des MGP.



CHAPITRE III

III. TENEURS EN EGP, DESCRIPTION DES SPECTRES

III.1. INTRODUCTION

Une bonne partie des échantillons disponibles, environ 122, ont été analysés pour les P.G.E., Pt, Pd et en partie Ru, Ir, Os et Au, dans le Laboratoire NAS au Canada (Tableau II-15). Les autres éléments ont été analysés dans notre laboratoire (C.R.S.C.M.) par la méthode Cocherie.

Les échantillons analysés représentent toutes les roches du massif. Mais, les chromitites ont été analysées de façon prioritaire parce que les EGP sont liés avec la minéralisation chromifère. Parmi les chromitites, celles cumulatives dont l'indice de Bregu i Bibès ont été analysées de préférence, car présentent le niveau minéralisé et les anomalies déjà reconnues

III.2. LES ROCHES.

Les dunites cumulatives sont plus riches en (Pt+Pd) que celles mantelliques. Le platine y est assez élevé, jusqu'à 270 ppb, et domine largement sur le palladium, le rapport moyen Pt/Pd étant de l'ordre de 10. Les dunites mantelliques sont pauvres en (Pt+Pd) mais là aussi le platine domine sur le palladium. Le rapport moyen Pt/Pd est de l'ordre de 7.

Les harzburgites mantelliques sont également riches en platine et plus riches en palladium que celles cumulatives. Ce qui est exprimé par le rapport moyen Pt/Pd plus élevé pour les harzburgites cumulatives, environ 3,5 pour les harzburgites cumulatives et de 2 pour les harzburgites mantelliques.

Les wehrlites sont plus riches en platine, le rapport Pt/Pd étant de l'ordre de 4.

Les pyroxénites sont parmi les roches les plus riches en (Pt+Pd). La somme (Pt+Pd) y monte jusqu'à 440 ppb. Les pyroxénites sont aussi les roches où le palladium domine en général sur le platine. Le rapport moyen Pt/Pd dans ces roches est de l'ordre de 0,84. A noter la pyroxénite de l'échantillon 111A, près du village de Helshan est le plus riche en platine.

La quantité maximale (Pt+Pd) dans les gabbros du massif est 103 ppb. Le platine domine sur le palladium et le rapport moyen Pt/Pd est de 2,5.

Une dolérite a été analysée, la somme (Pt+Pd) fait 26 ppb et le rapport Pt/Pd 3,3.

Nous n'avons pas fait les spectres des teneurs en EGP de ces roches normalisés au chondrite faites d'analyses complémentaires pour l'osmium, le ruthénium, l'iridium et le rhodium.

Nous pensons que les dunites sont plus riches en platine par rapport au palladium parce que elles sont plus précoces tandis que les pyroxénites sont plus riches en palladium parce que elles sont plus tardives, proviennent d'un magma appauvri en platine.

La faible valeur du rapport Pt/Pd dans les gabbros est peut-être due à la forte présence du pyroxène, surtout pegmatitique, dans ces roches.

III.3. MINERALISATION CHROMIFERE.

Les chromitites mantelliques présentent plusieurs allures de spectre. Tout d'abord il faut noter que, en général, les chromitites mantelliques sont pauvres en EGP et la somme (Pt+Pd) ne dépasse pas 30 ppb. Leur spectre est typique de celui connu dans les autres complexes ophiolites du monde. Il y a quand même une différence, ils présentent une anomalie positive en ruthénium et après la pente devient négative vers le palladium (Fig.III.19.).

A cette règle générale échappent certains gisements. Ainsi on cite les gisements Çabrat-4, échantillon 139A, Leniq, échantillon 153A, Kam-6, échantillon 148A et Pac-3, échantillon 82A. Les teneurs (Pt+Pd) dans ces gisements dépassent les 200 ppb. A noter ici l'enrichissement en or (Fig.III.19.).

Une autre allure de spectre présentent les gisements Çabrat-1, (142A.), Çabrat-4 (139A) et Qafa e Milicës qui sont plus riches en palladium, la somme (Pt+Pd) est atteinte 1000 ppb, le rapport Pt/Pd étant environ 0,3. Cet enrichissement en palladium fait que le spectre présente une pente positive continue de l'osmium à palladium (voire à l'or) avec une petite anomalie positive en rhuthénium.

Ce spectre ressemble à celui du type III de la minéralisation en P.G.E. dans le massif de Bulqiza en Albanie (Ohnenstetter et al. 1991, Karaj 1992) mais les teneurs en P.G.E. sont plus basses.

Le gisement Leniq échantillon 153A, présente un spectre qui ressemble à celui de Bregu i Bibës c'est-à-dire une anomalie positive en platine, mais les teneurs ici sont beaucoup plus faibles.

Les chromitites cumulatives du niveau dunite/pyroxénite présentent un spectre typique où le platine domine largement sur les autres éléments. Cette dominance du platine se voit dans le tableau II-15 mais aussi dans la colonne lithostratigraphique établie suivant deux forages qui traversent toute l'épaisseur des roches constituant l'indice de Bregu i Bibës (Fig. III.21.). L'allure du spectre présente une pente positive de l'osmium au platine, accompagnée d'une pente négative du platine vers le palladium et l'or (Fig. III.20.).

Ce type de spectre ressemble au spectre de Merensky Reef et des autres complexes stratifiés minéralisés mais les teneurs en EGP dans notre cas sont plus faibles.

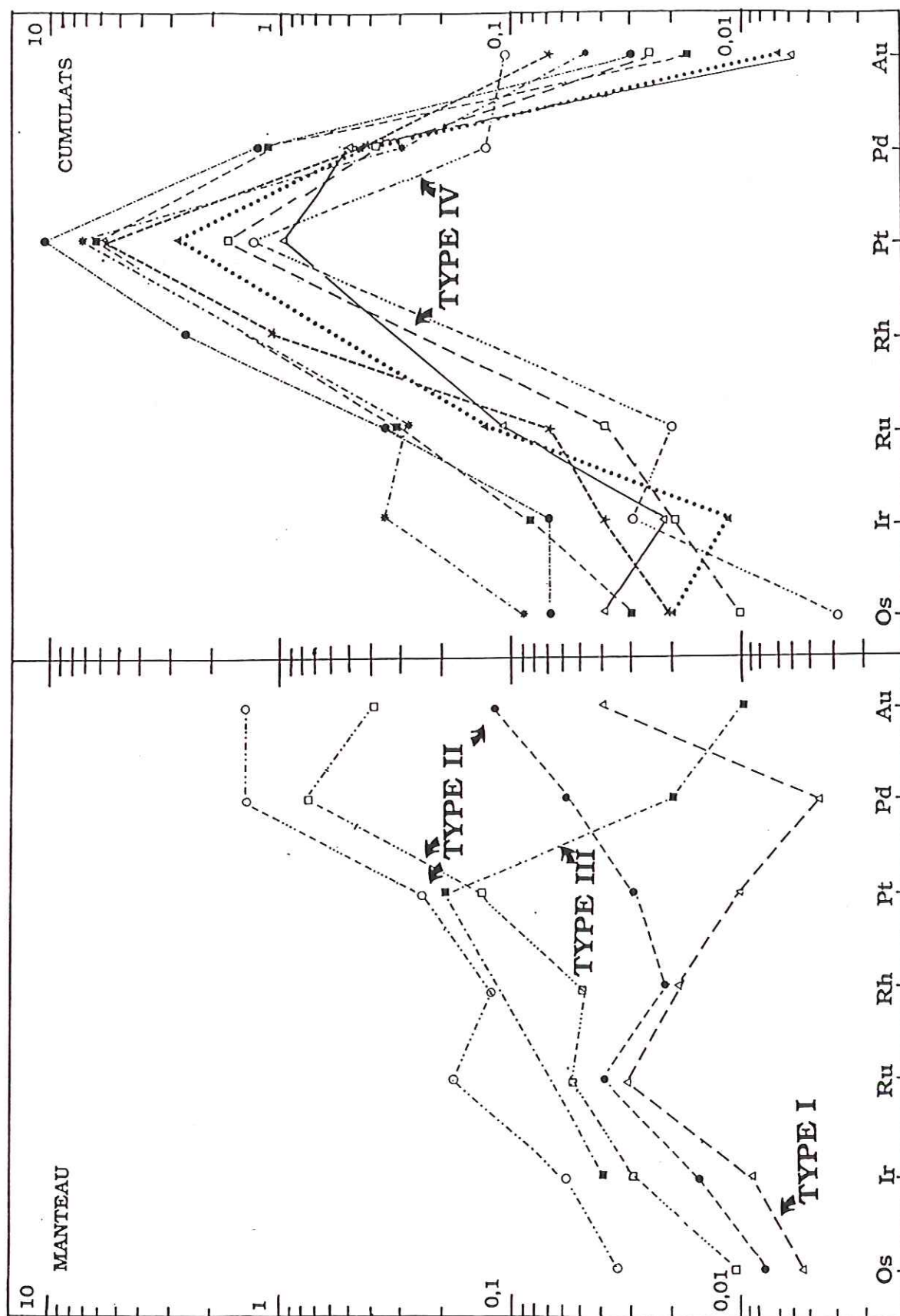


FIGURE III.20 -Quatre types de minéralisation en EGP ; Trois dans le manteau et un dans les cumulats.

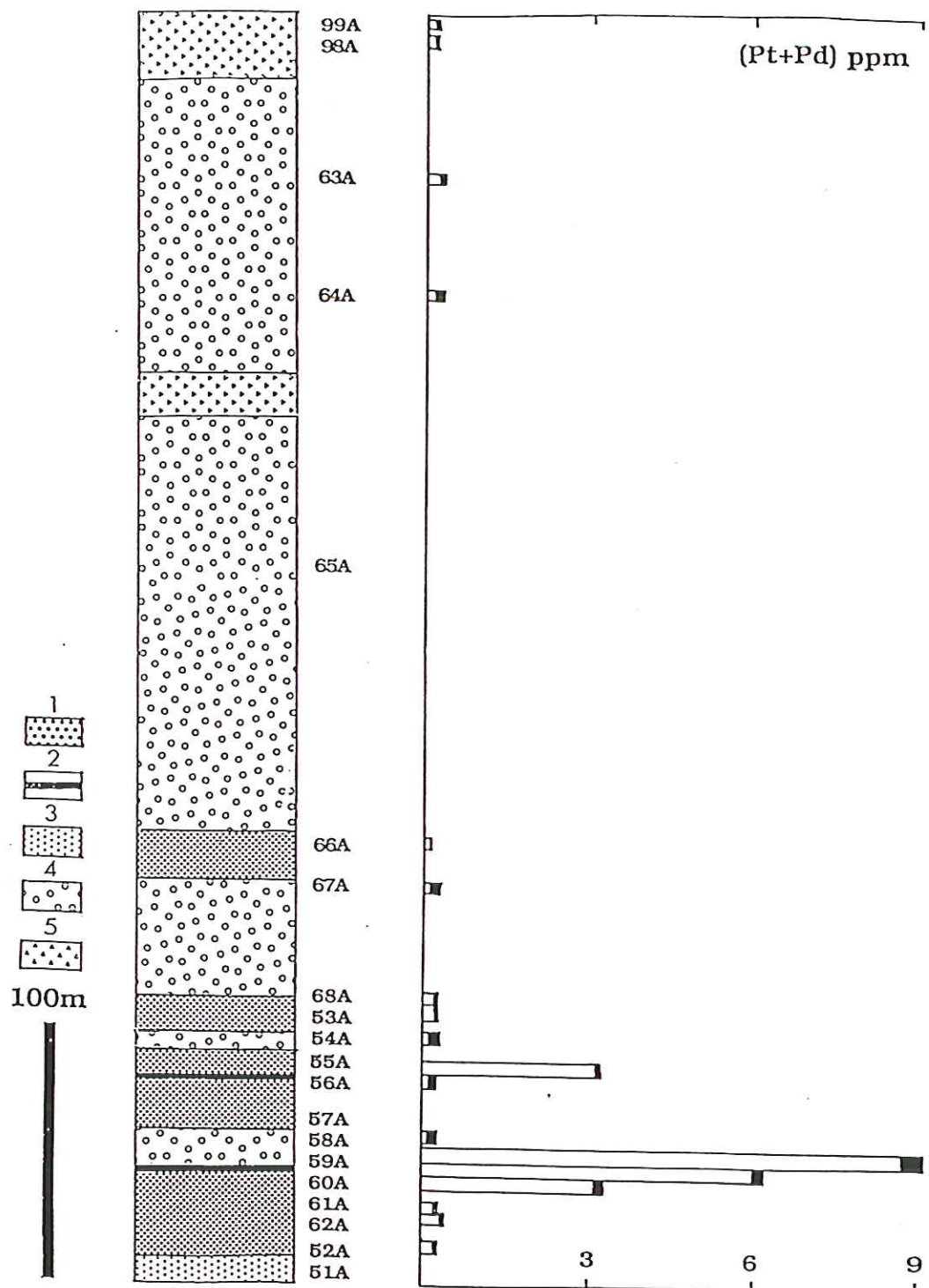


FIGURE III.21 -Répartition du Pt et du Pd dans le log. de Bregu i Bibès : 1- Dunites; 2- Chromites ; 3- Harzburgites ; 4- Pyroxénites ; 5- Gabbros. Chaque barre représente un échantillon de 15-20 cm.

III.4. ALLURE DES SPECTRES ET ORIGINE DES ROCHES.

Observant l'allure des spectres (Fig. III.19.), les données dans le tableau II-15 et le diagramme $(Os+Ir+Ru)/\Sigma EGP$ en fonction de $(Pt+Pd)/\Sigma P.G.E.$ (Fig.III.22.) il n'est pas difficile de conclure que les minerais associés aux chromitites mantelliques sont caractérisés par un rapport $(Pt+Pd)/(Os+Ir+Ru)$ très bas alors que les minerais associés aux chromitites cumulatives sont caractérisés par un rapport $(Pt+Pd)/(Os+Ir+Ru)$ très élevé, entre 14 et 41, 27 en moyenne. Ce qui est beaucoup plus élevé que dans les minerais associés à des complexes gabbroïques ou noritiques (environ 10) (Legendre 1982).

A noter ici quelques exceptions pour les minerais associés aux chromitites mantelliques telles que les gisements de Çabrat-4, de Çabrat-1, de Leniq, de Pac-3 et de Qafa e Milicës où ce rapport est un peu supérieur à 1.

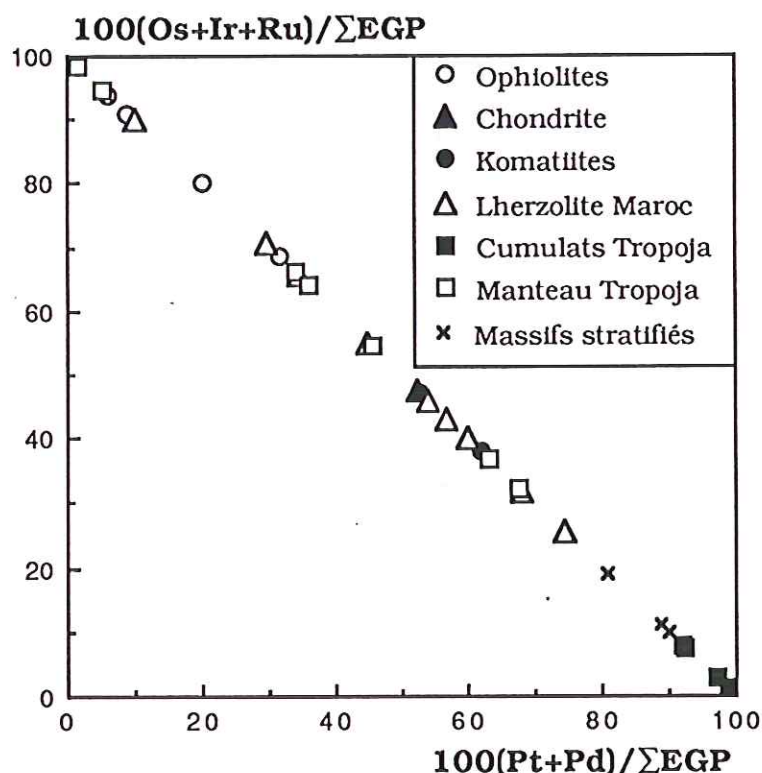


FIGURE III.22 -Diagramme mettant en évidence la possibilité d'un caractère résiduel de roches mantelliques par rapport à des magmas et cumulates basiques et ultrabasiques. Diagramme utilisé par Legendre (1982), par Barnes et al. (1985) et par Leblanc et al. (1987).

Donc en résumé, les chomitites mantelliques sont plus riches en éléments réfractaires, Os, Ir, Ru, et les chromitites cumulatives sont plus riches en éléments fusibles, Rh,Pt,Pd (Fig.II.22.). Dans ce diagramme (Fig.II.22.) on voit que nos chromitites mantelliques dépassent le domaine dit des massifs stratifiés défini par Legendre (1982).

L'allure des spectres des chromitites mantelliques nous fait proposer deux hypothèses sur leur formation :

- soit elles sont issues d'un liquide appauvri après l'expulsion des liquide issus de la fusion partielle qui donne naissance aux cumulats ;

- soit l'ensemble mantellique représente une zone du manteau appauvrie en platinoïdes.

Ceci ne veut pas dire qu'il faille ignorer le rôle prépondérant, dans certains cas, des phases porteuses des EGP, de la fugacité en soufre et oxygène, tel le cas des gisements de Çabrat-4, de Çabrat-1, de Leniq, de Pac-3 et de Qafa e Milicës où l'enrichissement en platine et palladium est probalement lié à un accroissement de l'activité en soufre dans le milieu lié à la présence de sulfures de nickel comme la pentlandite et la millerite contenant en plus presque régulièrement des faibles quantités de platine, palladium et rhodium (Tableau II-14).

Page et al. (1984) indiquent que la totalité du magma produit par la fusion partielle, épuisé en éléments réfractaires, osmium, iridium et ruthénium, est très probablement à la provenance des cumulats. Ce magma est enrichi en éléments fusibles, rhodium, platine et palladium, qui ont échappés à la précipitation lors de la fusion partielle dans le manteau, car les conditions physico-chimiques n'étaient pas réunies.

III.5. QUATRE TYPES DE MINERALISATION EN EGP.

Le fait ci-dessus est à l'origine d'une classification en quatre types de la minéralisation en EGP, trois dans le manteau et un dans les cumulats (Fig. II.20):

Le premier type de minéralisation en EGP est situé dans les chromitites du manteau. Il s'agit d'une minéralisation enrichie en Os, Ru et Ir, qui présente donc un spectre d'EGP à pente négative, couramment observé dans les ophiolites (Legendre 1982, Prichard 1988), mais avec une différence, une anomalie positive en Ru. Les minéraux porteurs sont des sulfures telle la laurite, et des alliages de Os, Ru et Ir.

Le deuxième type de minéralisation est palladifère (Pd jusqu'à 720 ppb, et le rapport Pt/Pd environ 0,3). Il a été trouvé dans trois gisements de chromite (Çabrat-4, Çabrat-1 et Qafa e Milicës) dont les teneurs en Al sont beaucoup plus élevées ($12 < \text{Al}_2\text{O}_3 < 26$) que celles des gisements du premier type ($8 < \text{Al}_2\text{O}_3 < 14$). Ces gisements sont localisés dans la zone de transition du secteur A. Le spectre des EGP de ce type de minéralisation a une pente positive qui est toutefois marquée par une légère anomalie positive en Ru. Dans les échantillons étudiés (142A, 139A et 146A) seul un petit grain ($< 1 \mu\text{m}$) d'un alliage de Pt et Fe, accompagné des sulfures de métaux de base (SMB), a été observé. Ce sont les SMB, essentiellement des millerite et pentlandite, qui renfermeraient les EGP ainsi que l'indiquent les teneurs en Pd (0,33%), Pt (0,19%), Rh (0,24%) et Os (0,21%) d'une pentlandite. Ces sulfures sont inclus dans la chromite ou bien en interstices entre les grains. Cette minéralisation ressemble étroitement à la minéralisation palladifère du massif de Bulqiza (Çina 1989; Ohnenstetter et al. 1991, Karaj 1992) à cause de la prépondérance de pentlandite par rapport aux autres sulfures, la rareté des MGP, le rapport Pt/Pd voisin de 0,3, l'enrichissement en or et les teneurs élevées en alumine des roches hôtes.

La présence des sulfures liés au EGP rappelle les minéralisations des ophiolites, en particulier, celles enrichies en chromite (Merensky Reef).

La différence entre ce type de minéralisation et de ceux de Bulqiza et de Merensky Reef est que ce dernier est plus riche en EGP.

Le troisième type de minéralisation est platinifère (Pt jusqu'à 200 ppb, Pt/Pd=15). Il est situé dans les chromitites du manteau du secteur C : indice de Lenik, à proximité du Moho, et gisement de Kam-5 (zone de transition). Le spectre des EGP a une pente positive de Os jusqu'à Pt, puis une pente négative.

L'allure du spectre de ce type de minéralisation ressemble étroitement à celui des cumulats de Bregu i Bibës (type 4) mais les teneurs en Pt sont beaucoup

plus faibles. Seul, un sulfure d'Ir, de Pt et d'Os a pu être trouvé.

Le quatrième type de minéralisation est fortement platinifère (Pt montant jusqu'à 11,4 ppm et Pt/Pd jusqu'à 86). Il est situé dans les cumulats du massif de la région Stoberdë (indice de Bregu i Bibës). L'horizon minéralisé est situé à l'interface dunite-pyroxénite mais il est discontinu, montrant des variations des teneurs en platine. L'allure du spectre est positive avec une très forte anomalie en Pt qui contraste avec la faible anomalie en Pd et Au. Dans l'indice de Bregu i Bibës, le lien entre la minéralisation platinifère et minéralisation chromifère est illustré par la bonne corrélation entre les teneurs en Cr_2O_3 et en (Pt+Pd).

III.6. RAPPEL SUR LA SIGNIFICATION DES SPECTRES.

Ci-dessus nous avons essayé d'approcher la signification génétique des spectres de EGP dans le contexte magmatique dont la liaison du spectre avec l'origine des roches. Cette fois-ci nous allons tenter d'expliquer ce que les spectres traduisent au niveau du mode de représentation des platinoïdes.

Les roches analysées pour les EGP sont constituées des : silicates ; chromite ; sulfures et MGP.

A une première vue, on peut envisager ces quatre phases comme porteuses des platinoïdes.

Les silicates présentent des valeurs extrêmement basse en EGP ce qui montrent que les silicates sont des mauvaises "concentrateurs". Nous pensons qu'il ne faut pas poser le problème de la substitution isomorphique dans le réseau des silicates parce que les EGP ont une tendance non lithophile très marquée. A notre avis, les valeurs élevées des teneurs en P.G.E. dans les silicates, quand elles existent, sont dues des phases minéralogiquement exprimées, incluses dans les spinelles accessoires des silicates ou directement dans les silicates.

La preuve pour ce que l'on vient de mentionner sont les P.G.M. observés dans les sections polies, échantillons 26N et 74N, montées des cristaux de

spinelle accessoires respectivement des dunites mantelliques, 26N, et pyroxénites cumulatives, 74N. A noter ici l'observation d'une laurite dans une harzburgite cumulative, échantillon 14, et d'un alliage PdCu dans une pyroxénite cumulative, échantillon 111A, qui ne sont pas du tout liés aux spinelles accessoires de ces roches.

Donc, les spectres des platinoïdes dans les silicates expriment, à notre avis, en quelque sorte la présence des phases minéralogiquement exprimées incluses dans le spinelle accessoire ou directement dans les autres composants de ces roches.

Les chromites présentent des teneurs élevées en P.G.E.. On peut imaginer qu'un tel enrichissement en platinoïdes est dû soit à une concentration des platinoïdes dans la chromite par des mécanismes de solution solide soit à des inclusions de MGP dans la chromite.

Partisans de la concentration des platinoïdes par des mécanismes de solution-solide dans les chromitites ophiolitiques de Skyros Island, Wolf et Agiorgitis (1978) suggèrent un processus d'exsolution dues à une introduction massive de platinoïdes à très haute température dans le réseau de la chromite.

Agiorgitis et Wolf (1978) ont mis en évidence dans les chromites de Grèce une corrélation positive entre la somme (Os+Ru+Ir) et le le Cr qu'ils interprètent comme la conséquence possible d'une substitution du chrome par ces éléments.

Nous avons pu mettre en évidence dans l'indice de Bregu i Bibès une corrélation positive entre la somme (Pt+Pd) et la quantité de Cr_2O_3 dans la roche. Mais dans les deux cas on ne peut pas parler de substitution d'une part parce qu'il s'agit d'une corrélation positive ce qui n'est pas en faveur d'une substitution.

Pour confirmer que la corrélation positive entre la somme (Pt+Pd) et le Cr_2O_3 exprime plutôt une corrélation positive entre la somme (Pt+Pd) et le nombre des phases minéralogiquement exprimées de ces éléments dans un échantillon, incluses dans la chromite ou interstitielles, nous avons établi le diagramme respectif (Fig.III.22.). Le diagramme a été établi uniquement pour l'indice de Bregu i Bibès. Le diagramme montre que plus un échantillon est riche en Cr_2O_3 plus la possibilité d'avoir plusieurs phases porteuses de Pt, Rh, Pd est grande et par conséquent plus la somme (Pt+Pd) sera élevée.

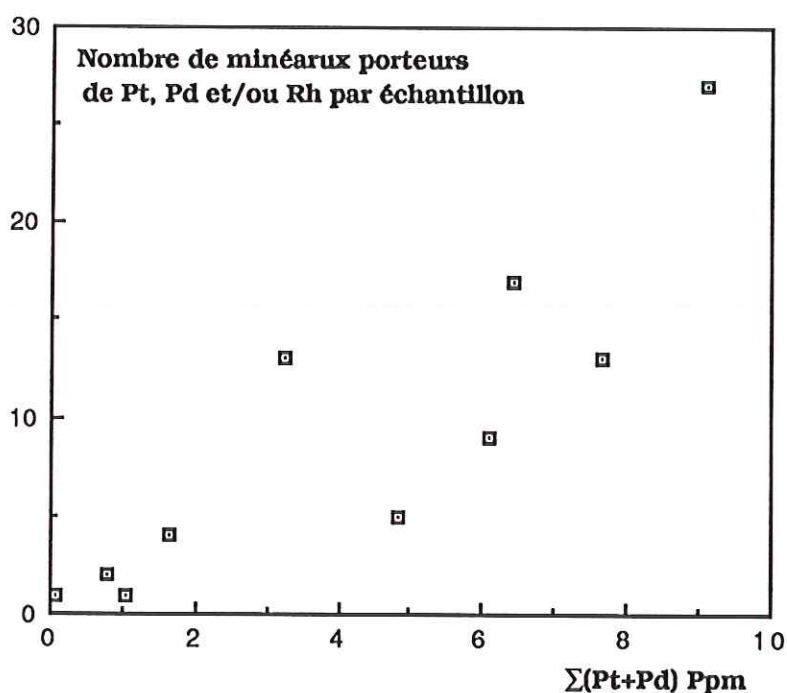


FIGURE III.23. -Corrélation positive entre la somme (Pt+Pd) et le nombre des minéraux porteurs de Pt, Pd et/ou Rh expliquant la présence des platinoïdes sous formes des phases minéralogiquement exprimées. Le diagramme présente uniquement l'indice de Bregu i Bibès. Chaque point présente un échantillon.

Donc, le spectre des platinoïdes d'une chromite exprime la forte ou la faible présence des EGP sous formes de phases minéralogiquement exprimées.

Les sulfures. Au debut de cette partie nous avons évoqué la tendance chalcophile des platinoïdes. C'est cette tendance chalcophile qui fait que les platinoïdes soient associés aux sulfures. L'association MGP-sulfure est bien connue, il est bien connu aussi le fait que la source principale des platinoïdes est leur extraction comme sous produits des gisements sulfurés de Ni-Cu associés à des roches basiques ou ultrabasiques, tel le cas à Sudbury etc..., le Bushveld y faisant exception.

Coussin et Vermak (1976) ne croient pas à la substitution des platinoïdes dans le réseau des sulfures. Mais Cabri et Laflamme (1976), Coucks et Mc Callum (1978) ont confirmé qu'ils entrent en solution solide dans le réseau des sulfures de métaux de bases.

Dans le massif de Tropoja les EGP sont parfois en solution solide dans le réseau des SMB.

Nous avons pu analyser à la microsonde des millerites qui contiennent jusqu'à 3,5% de rhodium, échantillon 155A. Dans les échantillons 139A et 142A nous avons détecté systématiquement des faibles teneurs en platine, rhodium et/ou palladium qui ne dépassent pas 0,5%. Les valeurs élevées de la somme (Pt+Pd) pour ces échantillons peuvent être expliquées par cette faible présence de ces éléments dans les réseaux des SMB qui sont très abondants dans ces échantillons.

Donc, pour les cas cités ci-dessus, on peut dire que le spectre de ces échantillons expriment la présence de platinoïdes en partie sous formes de phases minéralogiquement exprimées associées à des SMB et incluses dans la chromite et en partie sous formes des solutions solides dans le réseau des SMB.

Pour conclure, les platinoïdes dans le massif de Tropoja sont des phases minéralogiquement exprimées incluses dans la chromite ou interstitielles.

Le mode d'expression sous formes de phases minéralogiquement exprimées peut être différent pour chaque EGP. Autrement dit, chaque EGP peut présenter ces propres minéraux.

III.7. MODE D'EXPRESSION DE EGP.

L'osmium lorsque il est présent dans la chromite est exprimé minéralogiquement soit sous forme d'alliage, soit sous forme de laurite et plus rarement d'erlichmanite.

L'iridium est moins présent sous formes de minéraux propres. Il est exprimé sous forme d'alliage et de kashinite et surtout sous formes de solution solide dans les laurites-erlichmanites, dans les SMB dans les hollinworthites et dans les alliages.

Le ruthénium est surtout représenté sous forme de laurite mais, il forme également, sous formes d'alliage RuNi et sous formes de solution-solide dans les autres minéraux.

Le rhodium s'exprime surtout sous forme de sulfoarséniures (où la hollinworthite domine), de tellurures, de sulfures, d'alliages et de solution-solide dans les autres minéraux. A noter la préférence du rhodium pour l'arsenic.

Le platine. Les principaux modes d'expression du platine sont les alliages où l'isoferroplatine domine largement. Il est exprimé aussi sous forme de braggite, de cooperite, de sperrylite et sous formes de solution-solide dans les autres minéraux tels que la hollingworthite, le cuivre natif, l'osmium. Il a été également observé sous forme de platine natif.

Le palladium est après le platine le deuxième éléments important dans le massif. Il est surtout exprimé sous formes de solution-solide dans les alliages de platine mais il arrive de former ses propres alliages surtout avec le cuivre. Il est présent dans différents minéraux de platine-rhodium. Il a également été observé sous forme de keithconnite.

III.8. TROIS STADES DE MINERALISATION EN EGP.

L'étude qui va suivre est basée uniquement sur l'indice de Bregu i Bibès parce que nous avons eu plus d'échantillons et plus d'informations sur cet indice.

Observant attentivement au microscope les différentes phases, leurs relations et leurs compositions chimiques nous avons pu mettre en évidence trois stades successifs de minéralisation en EGP qui sont présentés dans le schéma de la figure II.24.

Le premier stade est caractérisé par une forte activité en ruthénium, osmium et iridium du système minéralisant qui provoque la précipitation de la laurite et de l'osmium accompagnés de l'isoferroplatine.

Dans ce stade nous avons les associations : laurite-isoferroplatine qui est la plus courante; isoferroplatine-osmium (photo 8 planche II-2); isoferroplatine-laurite-osmium (photo 7 planche II-5) et isoferroplatine-laurite-kashinite (photo 5 planche II-5).

Le deuxième stade est le stade majeur de la formation des MGP. Il est caractérisé par la précipitation massive de l'isoferroplatine. Mais, dans ce stade nous avons l'apparition de Pt_2Fe , du tetraferroplatine, de la tulameenite qui entourent souvent l'isoferroplatine (photo 1,2,4 planche II-3). Outre les alliages,

dans ce stade apparaissent aussi certains sulfoarséniures dont la hollingworthite et des sulfures du platine tels que la braggite et la cooperite. La hollingworthite est particulièrement associée à l'isoferroplatine et à la tulameenite (photo ..planche...). Elle est contemporaine de l'isoferroplatine et est antérieure à la tulameenite. Les cooperites-braggites sont préférentiellement associées au Pt_2Fe et au tetraferroplatine (photo .. planche..). Vers la fin de ce stade commence l'augmentation de l'activité en palladium du système minéralisant.

Le troisième stade est caractérisé par le fractionnement du palladium, des métaux de base et des éléments volatils tel que le tellure et l'arsenic. Dans ce stade nous avons la précipitation des alliages riches en palladium et cuivre et de platine. La précipitation de ces alliages est accompagnée de la précipitation des sulfoarséniures, arséniures et tellurures. A noter dans ce stade la précipitation du platine natif lequel est associé aux autres MGP, il les entoure (photo 1 planche II-3).

Ce troisième stade est très tardif par rapport aux autres stades il est lié au métamorphisme basse température.

La caractéristique pour les trois stades est et la forte et constante activité en rhodium du système minéralisant qui se présente soit sous forme de solutions-solides dans les autres minéraux, soit sous formes de ces propres minéraux tel que la hollingworthite, $RhFe$ et $RhTe$ etc...

Observant le schéma (Fig. III.24.) on voit que la diminution de l'activité en soufre du premier stade vers le troisième du système minéralisant est accompagné d'une augmentation relative de celle de l'arsenic et du tellure. La diminution de l'activité en soufre s'accompagne d'une diminution de l'activité en EGP réfractaires et qui cèdent leurs places au palladium et aux métaux de base.

III.9. RELATIONS PLATINOIDES-CHROMITES-SILICATES.

L'étude assez détaillée des chromites et des silicates faite dans la

première partie ainsi que l'étude des chromites et des silicates qui accompagnent les MGP qui va être menée ci-après vont peut-être nous donner plus de détails sur les conditions de formations de M.G.P.

III.9.1. Chromite.

Comme cela a été déjà dit, la plupart des MGP trouvés sont en inclusion dans la chromite. Il s'agit de chromite mantellique et cumulative mais aussi des spinelles accessoires des dunites mantelliques et des pyroxénites.

En règle générale, il n'y a pas de corrélation entre la présence de MGP et la texture de la chromite. Des MGP ont été trouvés dans les chromites de tous les types de texture.

Le chimisme général des chromites de nos gisements ne présente pas de variation considérable en comparaison au domaine complet des spinelles des complexes ophiolitiques donné par Greenbaum (1977) et présenté dans le chapitre précédent.

Par contre, nous avons pu mettre en évidence une variation de composition chimique entre les spinelles qui sont autour du M.G.P. et ceux qui sont loin du MGP. Cette variation est plus évidente dans les chromitites mantelliques.

Ainsi, les spinelles analysés près du P.G.M. sont plus riches en Cr_2O_3 et moins riches en Fe_2O_3 par rapport aux spinelles qui sont loin du MGP, dans un autre cristal.

On peut dire que pratiquement tous les spinelles du manteau qui sont loin du P.G.M. contiennent plus de 2,5 % de Fe_2O_3 tandis que tous les spinelles qui entourent les P.G.M. dans le manteau en contiennent moins de 2,5 %. (Fig.III.25.)

De même on peut dire que pour les spinelles provenant des échantillons des cumulats dépourvus de MGP la somme (Pt+Pd) ne dépasse pas 0,5 ppm. On note ici des échantillons tels que 35A, 33A, 103A.

Les spinelles des échantillons des cumulats de l'indices de Bregu i Bibès et de Shpati i Dajçit sont riches en (Pt+Pd), sont les plus enrichis en Fe_2O_3 . Le pourcentage de Fe_2O_3 est supérieur à 5%(Fig. III.25).

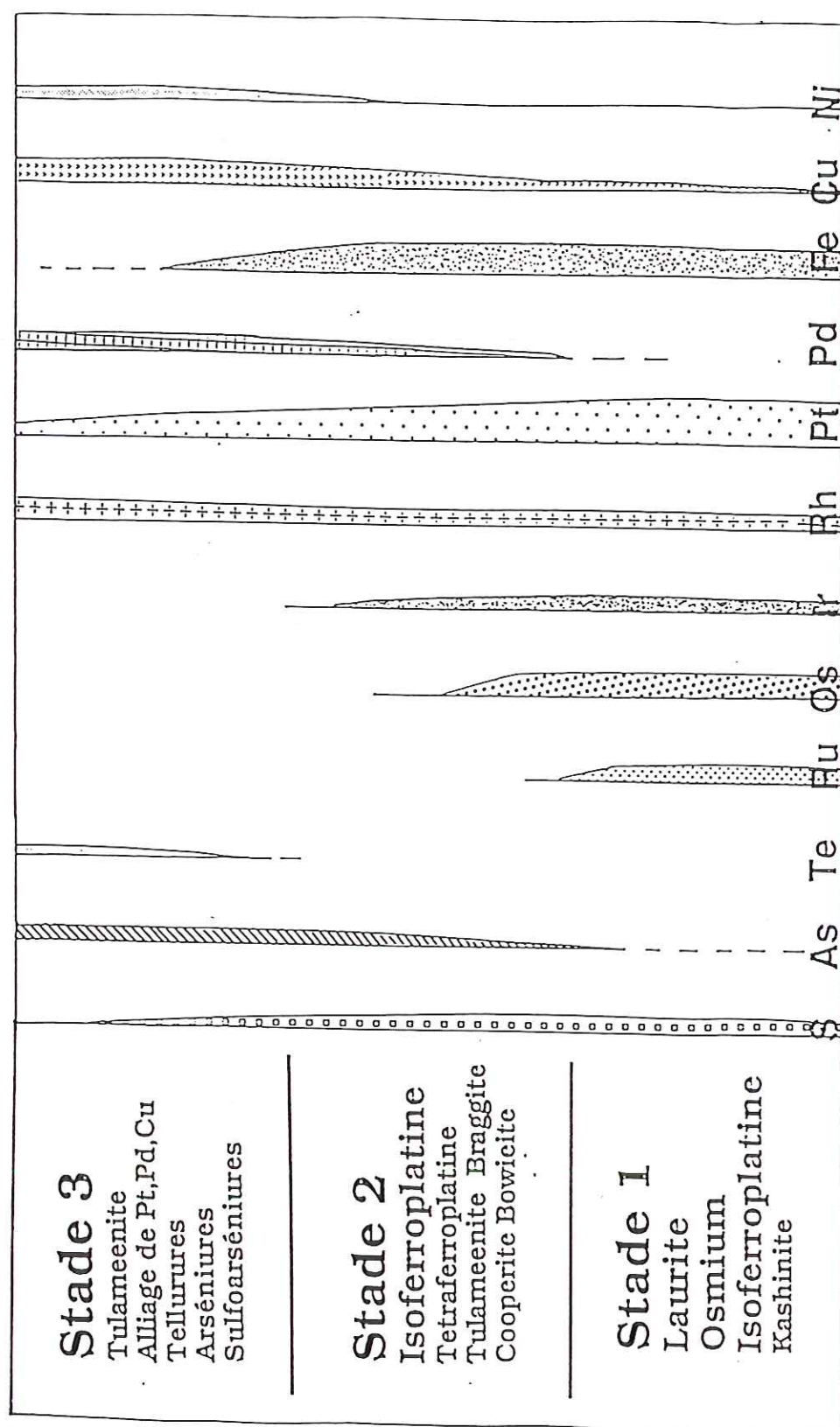


FIGURE III.24. -Trois stades de formation des minéralisations en EGP.

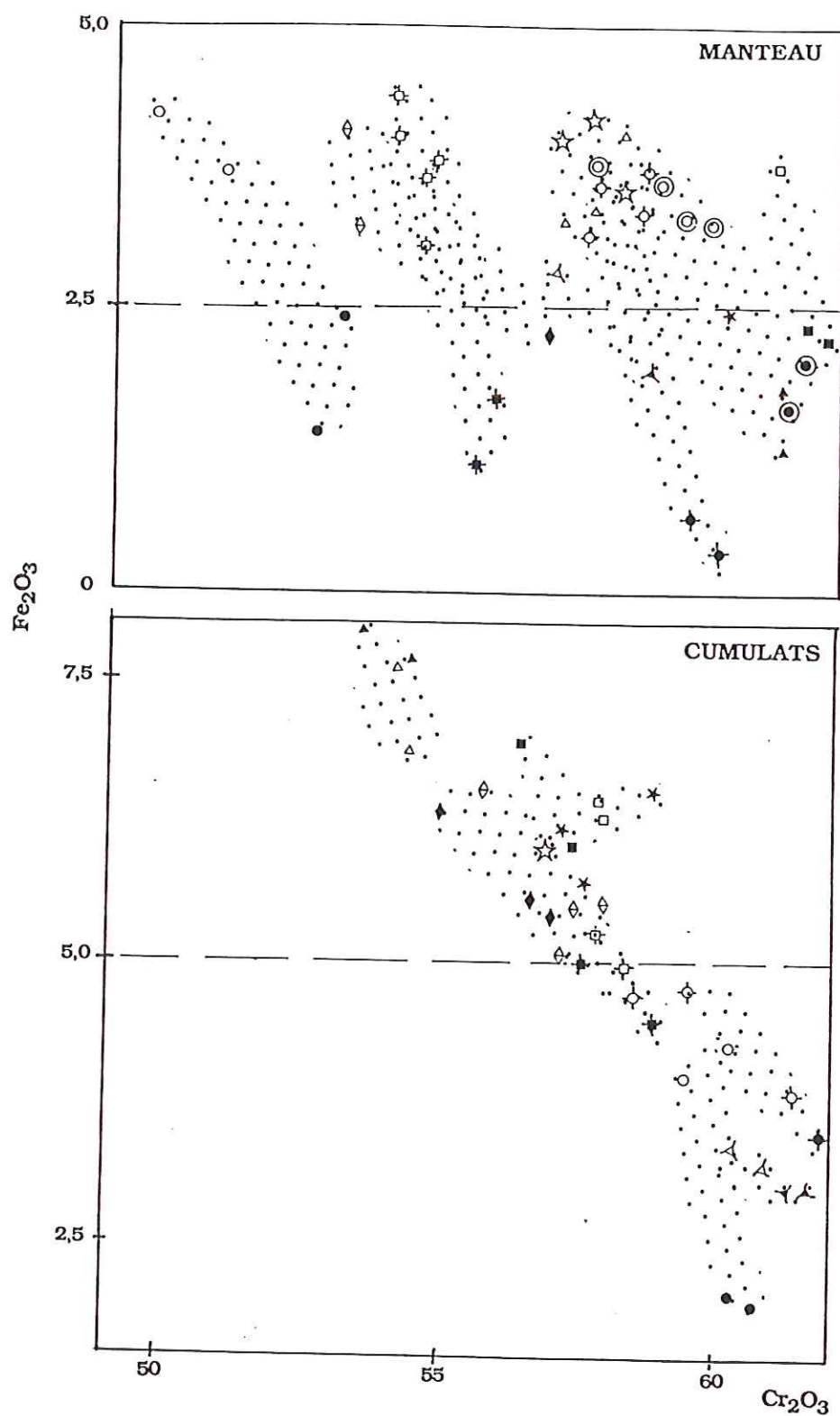


FIGURE III.25. -Variation entre Fe_2O_3 et Cr_2O_3 (% pds.) des spinelles qui contiennent des MGP (symboles en noirs), et des spinelles qui ne contiennent pas de MGP (symboles en blancs). Chaque symbole (enveloppe) représente un échantillon.

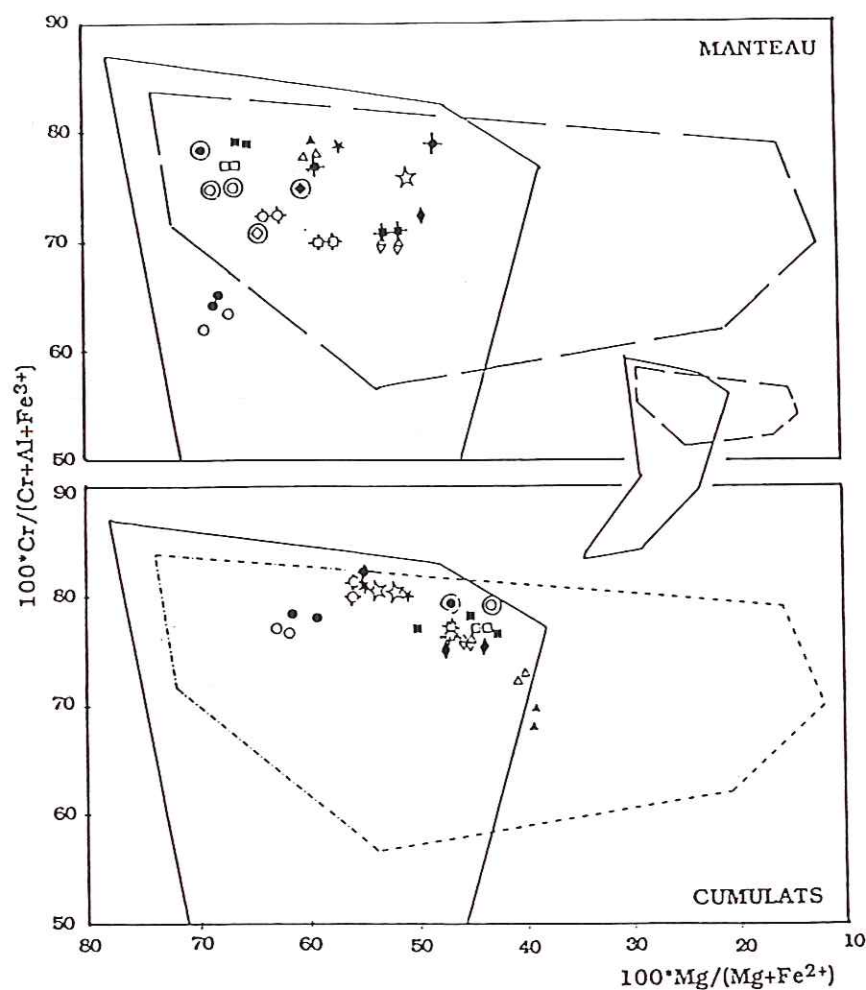


FIGURE III.26 -Diagramme de variation des rapports $Cr \times 100 / (Cr + Al + Fe^{3+})$ et $Mg / (Mg + Fe^{2+})$ des spinelles qui contiennent des MGP (symboles en noir) et des spinelles qui ne contiennent pas de MGP (symboles en blancs). Chaque symbole représente un échantillon.

Le diagramme de Greenbaum (1977) (Fig.III.26.) nous permet de mettre en évidence un enrichissement en Mg des spinelles qui entourent les MGP, à l'exception de l'échantillon 39A, où les spinelles qui entourent les MGP sont moins riches en Mg. Un tel enrichissement ne peut pas être mis en évidence dans le cas des spinelles cumulatifs. Ces spinelles sont alignés autour des valeurs du rapport $100 \cdot Cr / (Cr + Al + Fe^{3+})$ qui varie entre 75 et 80. Il se peut que la variation en Fe_2O_3 soit accompagnée par des variations Al_2O_3 .

Le fait d'avoir une telle variation de la composition des spinelles nous a conduit de faire plusieurs traversés dans les spinelles en partant du MGP et s'éloignant au fur et à mesure. Les analyses nous montrent que, en général, plus on s'éloigne du MGP plus le spinelle devient riche en Fe_2O_3 et pauvre en

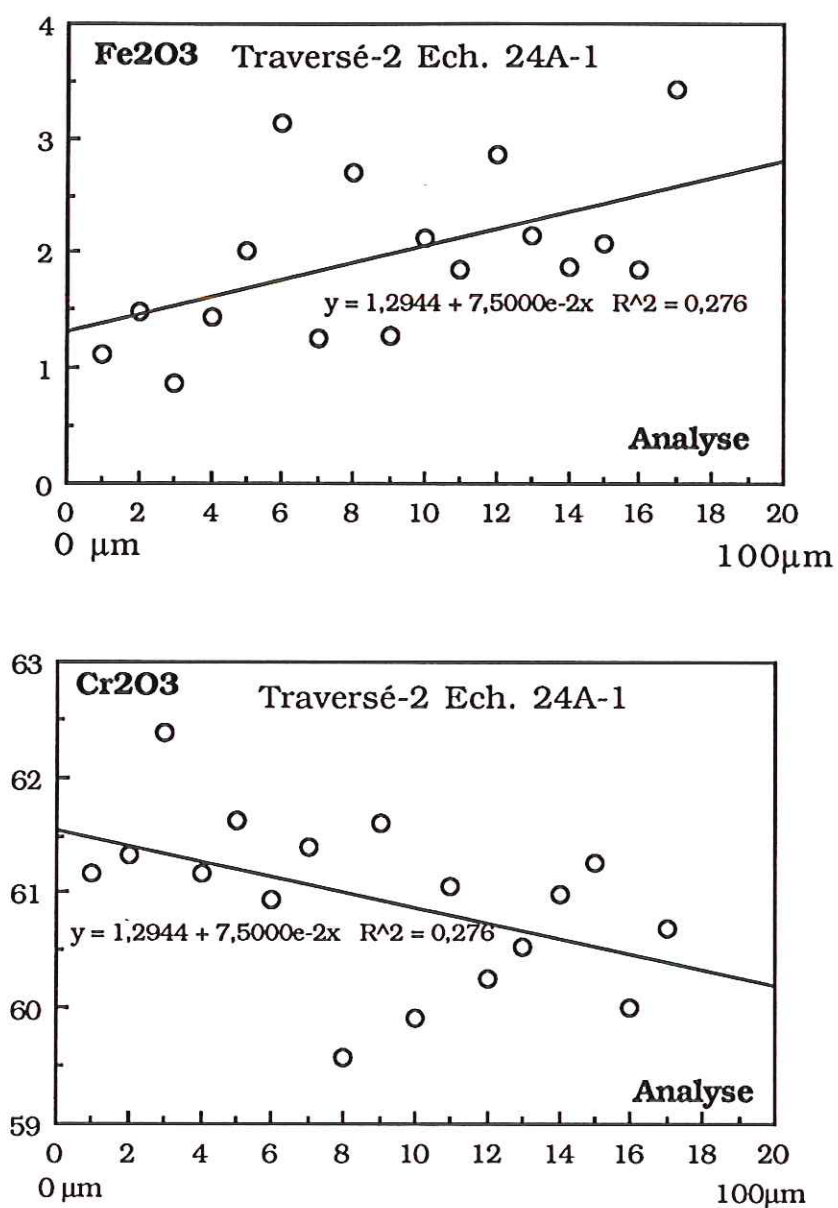


FIGURE III.27. -Diagramme de variation des teneurs en Fe_2O_3 et en Cr_2O_3 selon une traversé effectuée, dans un spinelle qui contient des MGP de l'échantillon 24A-1, en s'éloignant du MGP. Les analyses sont effectuées tous les 5 μm .

Cr_2O_3 (Fig. III.27.).

Cette variation de la composition des spinelles montre que l'évolution de la composition des spinelles serait également liée à la chute de la fugacité en oxygène lors de la formation des MGP.

Les éléments mineurs comme le titane, le manganèse, le nickel sont en trop faibles quantité et leur variations ne sont pas significatives.

III.9.2. Silicates accompagnants des MGP.

Les silicates qui accompagnent les MGP sont sous deux formes, interstitiels et inclus dans la chromite. Les silicates les plus courants sont les pyroxènes, les amphiboles, les chlorites et les serpentines.

Les silicates qui accompagnent les MGP inclus dans la chromite sont en général automorphes.

Ces silicates ne sont pas les mêmes dans le manteau et dans les cumulats.

Ainsi, dans le manteau on observe que des chlorites et des serpentines secondaire tandis que dans les cumulats des clinopyroxènes, des orthopyroxènes et des amphiboles sont plutôt observés.

Nous n'avons pas mené une étude détaillée sur les silicates comme sur les spinelles. Mais les peux traversés effectuées dans l'échantillon M78/5 montrent que les orthopyroxènes sont plus riches en FeO et par conséquent en ferrosilite au fur et à mesure que l'on s'éloigne du MGP (Fig.III.28.).

Donc, comme dans le cas de spinelle décrit ci-dessus, l'orthopyroxène près du MGP présente un appauvrissement en fer.

Il faut noter également que les silicates inclus dans le spinelle des chromitites mantelliques, non associés aux MGP sont surtout de l'olivine, du clinopyroxène et plus rarement de l'orthopyroxène, des amphibole et des serpentines tandis que ceux qui sont accompagnés des MGP sont en général représentés de la chlorite et de la serpentine secondaire.

Pour les chromitites cumulatives, dans le stade actuel de l'étude on peut dire que les inclusions silicatées isolées dans le spinelle et celle qui accompagnent les MGP sont les mêmes, donc : le clinopyroxène, l'orthopyroxène et l'amphibole.

Les orthopyroxènes qui accompagnent les MGP sont à la limite enstatite- bronzite (Fig. III.28.).

Les clinopyroxènes sont surtout des diopsides mais on en trouve des endodiopsides aussi (Fig. III.28.).

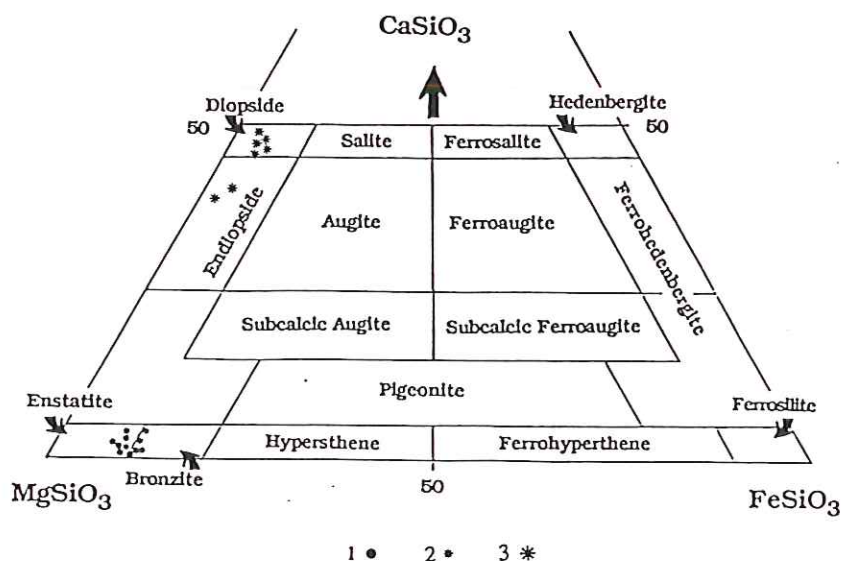


FIGURE III.28. -Diagramme triangulaire de Poldervaart et Hess (1951) de classification des pyroxènes. 1 et 2 orthopyroxènes, 3- clinopyroxènes. qui accompagnent les MGP.

Les amphiboles sont surtout des tremolites-hornblendes (Fig.II.17.).

Les chlorites interstitielles qui accompagnent les MGP sont des talc-chlorites et des clinochlores tandis que celles qui accompagnent les MGP inclus dans le spinelle sont des talc-chlorites et des penninites.

III.9.3. Relations chromite-MGP.

Ayant pour but de mieux comprendre la formation des MGP par le biais de la cristalochimie de chromite, nous avons tenté de faire toutes les corrélations possibles pour relier la minéralisation en EGP aux éléments majeurs de la chromite. Ces corrélations vont peut-être traduire des liens entre

la formation des MGP et les variations dans les conditions physico-chimiques enregistrées par la composition des chromites.

Dans ce but nous avons pu mettre en évidence des relations entre la chromite et les MGP :

-Tous les indices et gisements de chromite peuvent contenir et contiennent des MGP, quoique dans le manteau nous n'en avons pas trouvé parce que d'en pouvoir trouver dans une petite section polie provenant d'un échantillon qui contient environ 10 ppb (Pt+Pd) n'est pas toujours évidente;

-Les chromitites mantelliques renferment pratiquement que des laurites et se separent bien dans le diagramme de Greenbaum (1977) (Fig. III.26.) des chromitites cumulatives qui renferment surtout des alliages et plus rarement des laurites, arséniures, sulfoarséniures et tellurures, les chromitites mantellique sont moins riches en Cr et plus riches en Mg;

-Les spinelles près du MGP sont moins riches en fer trivalent et plus riche en chrome que ceux qui sont loin du MGP;

-Pour l'indice de Bregu i Bibès, il existe une bonne corrélation entre la quantité de Cr_2O_3 dans la roche totale et la somme (Pt+Pd) (Fig. III.29.). Donc, plus un échantillon de la zone minéralisée de l'indice Bregu i Bibès est riche en Cr_2O_3 plus il est riche en EGP.

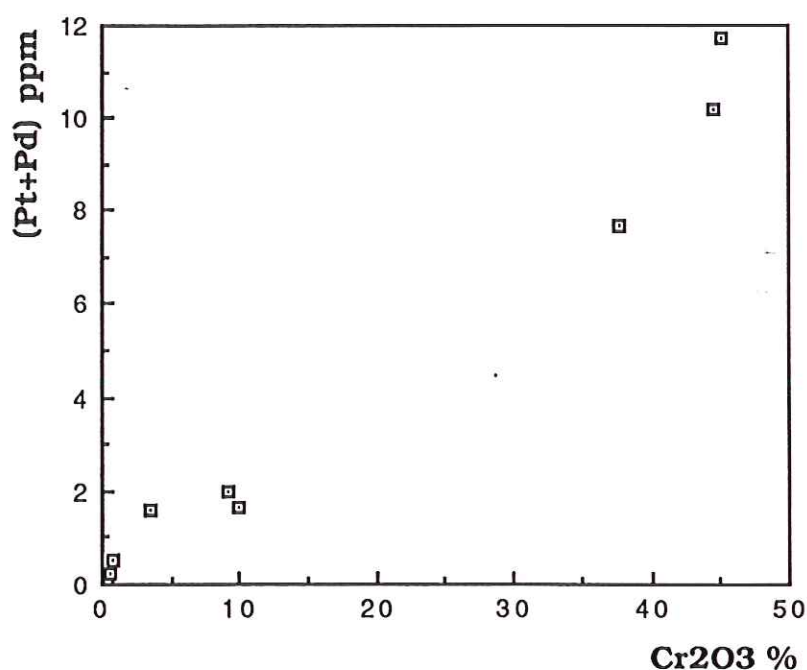


FIGURE III.29. -Corrélation positive les teneurs en Cr_2O_3 et la somme (Pt+Pd) dans la roche totale pour l'indice de Bregu i Bibès.

Ce dernier fait, ainsi que le fait que environ 83 % des MGP sont inclus dans la chromite soulignent ensemble le lien génétique entre les MGP et la chromite.

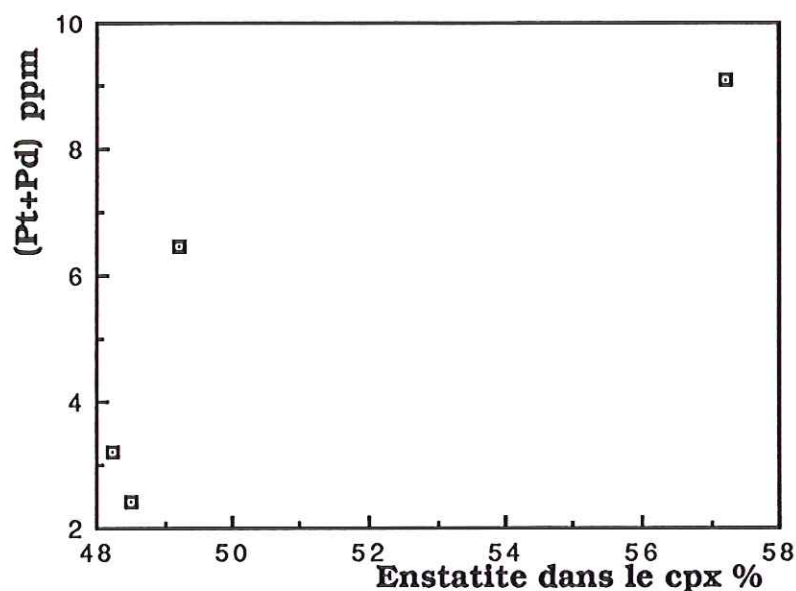


FIGURE III.30 -Corrélation positive entre la somme (Pt+Pd) et la teneur d'enstatite dans les clinopyroxènes, indice de Bregu t Bibès.

Il faut noter que la corrélation positive entre le Cr_2O_3 et la somme (Pt+Pd) et accompagnée apparemment par une corrélation positive entre la somme (Pt+Pd) et les molécules d'enstatite dans le clinopyroxène du même échantillon.

L'enrichissement local en chrome des spinelles mantelliques autour des P.G.M. peut être expliqué par une plus forte proportion en volatils. Le chrome est un élément qui peut être transporté sous forme de complexes, surtout chlorurés. L'enrichissement en chrome par l'accroissement en volatils peut amener une quantité de soufre plus importante suffisante pour favoriser l'apparition de laurite plutôt que des alliages. Ce qui est le cas pour les chromites mantelliques du massif qui sont riches en Cr_2O_3 près du MGP et ces MGP sont pratiquement toujours représentés des laurites.

CHAPITRE IV.

IV. ETUDE MINÉRALOGIQUE ET GEOCHIMIQUE DES MGP

A. ALLIAGES.

IV.1. Système Pt-Fe

IV.1.1. Isoferroplatine, Pt_3Fe

L'isoferroplatine est un MGP dont la formule idéale est Pt_3Fe . Sa formule générale s'écrit $(Pt, Rh, Pd, Ir)_3(Fe, Cu, Ni)$.

L'isoferroplatine a été identifié comme phase minérale à part dans les complexes du Bushveld (Kinloch 1982), de Stillwater, de Noril'sk et dans les placers aurifères (Cabri 1981).

La présence d'isoferroplatine dans les ophiolites alpines n'est pas du tout surprenante. Il a été décrit à British Columbia, Transval (Cabri et al. 1975), en Nouvelle Calédonie (Augé 1988), dans la Durance, (Johan et al. 1990), à Thetford Mines (Corrivaux et al. 1990), à Koryak Range, URSS (Distler et al. 1986), dans le complexe alaskéen de Fifiield (Johan et al. 1991) etc...

L'isoferroplatine est inclus, dans la plupart des cas, dans la chromite. Il peut également apparaître dans les fissures (Photo 1, Planche II-1), les bordure (Photo 2, Planche II-1) ou les interstice des grains de chromite (Photo 5, 7, Planche II-1). C'est généralement le cas des isoferroplatines automorphes et isolés. Les isoferroplatines accompagnés aux autres MGP sont observés aussi au contact chromite/silicate interstitiel (Photo 2, Planche II-1) ou dans les silicates interstitiels (échantillon M78/5, Photo 3, Planche II-1).

L'isoferroplatine est un minéral cubique. Observée en lumière réfléchie l'isoferroplatine a une couleur blanche très vive caractéristique de la plupart des alliages platinifères. Il ne présente ni bireflectance ni pleochroïsme.

Quand l'isoferroplatine est isolé il est surtout automorphe de forme polygonale de quatre à huit côtes. Il est souvent associé de différents silicates automorphes.

La taille des grains est variable. Elle peut varier d'un micron à 40 micron.

Dans le cas des isoferroplatines associés avec d'autres phases, on observe les associations suivantes:

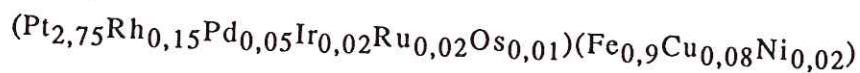
- Isoferroplatine-osmium : échantillon 35A5 (Photo 8, Planche II-2);
- Isoferroplatine-osmium-(Pt,Rh,Ru,...)(Fe,Cu) : échantillon 92A4 (Photo 6, Planche II-5) ;
- Isoferroplatine-tetraferroplatine : échantillon 92A5a (Photo 2, Planche II-3) ;
- Isoferroplatine-tulameenite-platine-laurite : échantillon 93A6a (Photo 1, Planche II-3) ;
- Isoferroplatine-osmium-laurite, échantillon : 60A5 (Photo 7, Planche II-5) ;
- Isoferroplatine-laurite-kashinite : échantillon 2/3 (Photo 5, Planche II-5) ;
- Isoferroplatine-tetraferroplatine-RhFe-laurite-tulameenite-PdCu₃: échantillon M78/5 (Photo 3, 4, Planche II-1).

La composition chimique de l'isoferroplatine est variable. Les résultats des analyses et les formules structurales sont donnés dans le tableau II-2 (annexe). Dans ce tableau on peut observer les variations pour chaque élément. Le domaine de variation de chaque élément dans la formule structurale de l'isoferroplatine est :

- pour le Pt de 3,12, échantillon B5/1b, à 2,38, échantillon 2p1;
- pour le Pd de 0,28, échantillon 90A2, à 0 échantillons, 60A6 et 58A7b;
- pour le Rh de 0,353, échantillon 58A4 à 0,004, échantillon B5/1b;
- pour le Fe de 1,141, échantillon 2p1 à 0,512, échantillon 89A4;
- pour le Cu de 0,23, échantillon 89A3 à 0,035 échantillons 89A2 et 158Ap2.

Les valeurs maximales pour les autres éléments: Os_{0,255}; Ir_{0,215}; Ru_{0,14}; Ni_{0,278} et Co_{0,016}.

La formule structurale moyenne pour tous les isoferroplatines peut s'écrire :



Il faut noter la présence d'isoferroplatine dans le spinelle accessoires des pyroxénites cumulatives. Ces isoferroplatines sont relativement riches en Rh, ne contiennent pas d'Os, et de Ru et une seule analyse contient un peu d'Ir.

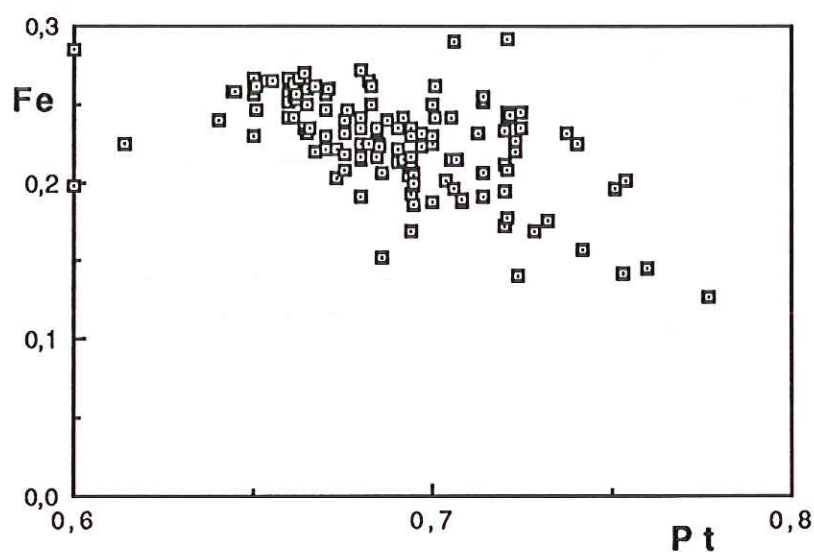


FIGURE III.31 -Domaine de variation des valeurs de platine et celles de fer, bonne corrélation négative entre ces éléments dans l'isoferroplatine, exprimés en % atomique.

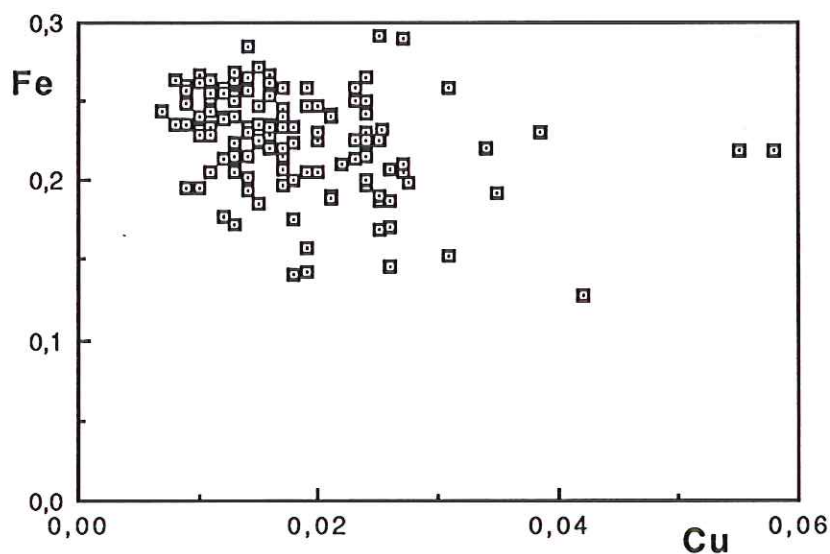


FIGURE III.32. -Domaine de variation des valeurs de cuivre et celles de fer, corrélation négative entre ces éléments dans l'isoferroplatine, exprimés en % atomique.

L'isoferroplatine a ces propres caractéristiques pour chaque massif ophiolitique. Ainsi, dans les ophiolites de Thetford Mines il est riche en Ir (Corrivaux et al. 1990), en Nouvelle Calédonie il est extrêmement riche en Pd (Augé 1985). Dans les ophiolites de Koryak Range, Kamtchatka, URSS (Zhdanov 1980,

Distler et al. 1986) il est assez homogène, à part le Pt et le Fe les autres éléments y sont en faible quantité. Les isoferroplatines du massif de Tropoja sont extrêmement riches en Rh mais la présence du Cu et du Ni y est assez forte.

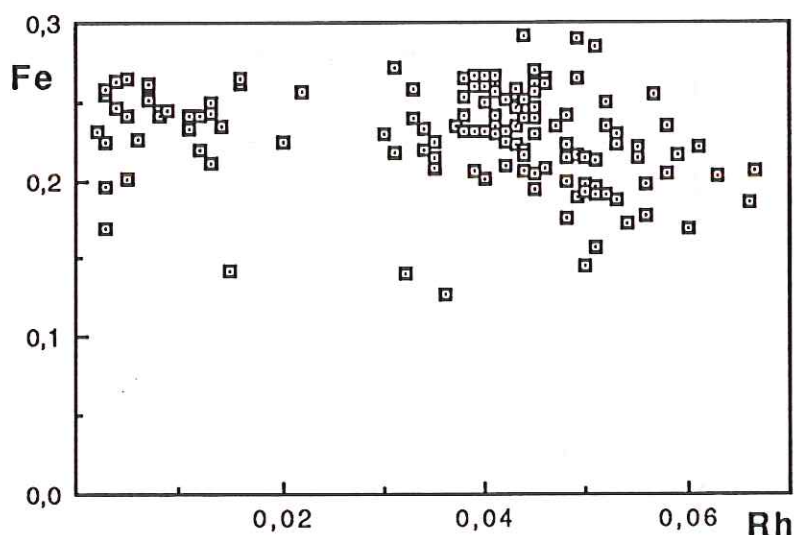


FIGURE III.33. -Domaine de variation des valeurs de rhodium et celles de fer, légère corrélation négative entre ces éléments dans l'isoferroplatine, exprimés en % at.

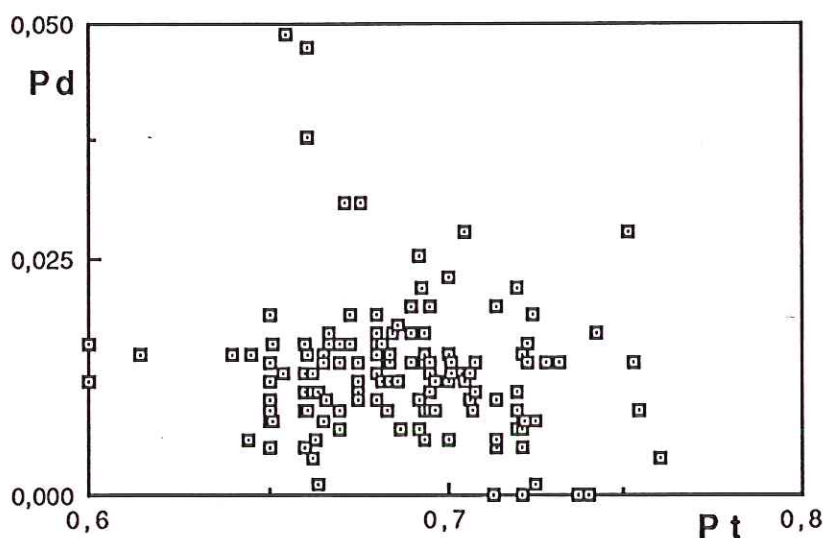


FIGURE III.34. -Domaine de variation des valeurs de palladium et celles de platine dans l'isoferroplatine, exprimés en % atomique.

Cabri et al. (1975) montrent que la quantité de Rh peut influencer sur les dimensions de la cellule élémentaire de la structure de l'isoferroplatine, mais le minéral reste toutefois un isoferroplatine.

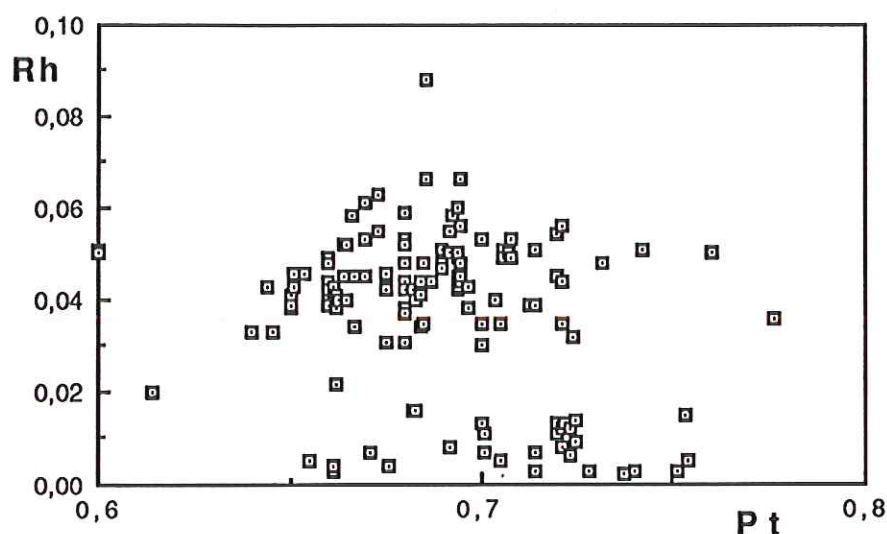


FIGURE III.35. -Domaine de variation des valeurs de rhodium et celles de platine dans l'isoferroplatine, exprimés en % atomique.

IV.1.2. Innomé Pt_2Fe .

Après l'isoferroplatine le Pt_2Fe est l'alliage le plus répandu. Il n'est pas connue dans la littérature. Comme l'isoferroplatine, il peut être soit isolé, de forme automorphe, polygonale (Photo 3, Planche II-2), soit accompagné d'isoferroplatine (Photo 4, Planche II-3) et d'autres minéraux, d'une forme xenomorphe.

Quand il est associé aux autres MGP on a les associations suivantes :

- Pt_2Fe -tulameenite- $PdCu$ - $RhFe$ -(Rh,Co,Ni)(SAs) : échantillon 58A14 (Photo 5, Planche II-4) ;
- Pt_2Fe -braggite : échantillons B5/4, B7/3, B10/6, (Photo 5, Planche II-6);
- Pt_2Fe -tulameenite-alliage complexe $(Rh,Ru)_2(Fe,Cu,Ni)$: échantillon 158A4, (Photo 4, Planche II-4) ;
- Pt_2Fe -tetraferroplatine- Pd_2Cu , échantillon 90A9 : (Photo 5, Planche II-3);
- Pt_2Fe - $RhFe$, échantillon B5/1a ;
- Pt_2Fe -tetraferroplatine échantillons 157A7 et 90A6.

Dans tous les cas sa taille est plus petite que celle de l'isoferroplatine. Elle dépasse les 5 μm dans l'échantillon 92A6c.

En lumière réfléchi il présente les mêmes caractéristiques que l'isoferroplatine.

Il faut noter que deux analyses, effectuées sur le même grain optiquement homogène (même au M.E/B.) présentent deux compositions chimiques différentes, Pt_2Fe et Pt_3Fe échantillons 35A5, 69A4 et B5/5.

Le Pt_2Fe le plus riche en Pt (atome en formule structurale) est celui de l'échantillon M78/8, $Pt_{2,07}$, il est également le moins riche en Rh et Pd. Le plus riche des Pt_2Fe est celui de l'échantillon 158A4, $Pt_{1,14}$ qui est également le plus riche en Rh, $Rh_{0,291}$. L'échantillon 92A6 est le plus riche en Pd.

Pour le pôle Fe les valeurs oscillent:

- pour le Fe de 0,613, échantillon 158A4, à 0,994 : échantillon B8/3;
- pour le Cu de 0,023, échantillon B5/1a, à 0,368 : échantillon 158A4;
- pour le Ni de 0,04, échantillon 58A4, à 0,24 : échantillon 158A4.

Pour les autres éléments les valeurs maximale sont: $Ru_{0,117}$; $Ir_{0,066}$; $Co_{0,049}$ et $Os_{0,018}$.

IV.1.3. Tétraferroplatine, $PtFe$.

Le tétraferroplatine est un alliage appartenant au système quadratique tétragonal de composition chimique proche de $PtFe$. Il a été défini comme une espèce correspondant au groupe de ferroplatine par Mikhev et al. (1961), et a été décrit comme un ferroplatine tétragonal par Genkin et Basova (1965), Razin et al. (1973) et Cabri et al. 1975.

A Tropa ce minéral présente une forme xenomorphe, échantillons B5/7a, 92A5c et 92A7, (Photo 2, Planche II-1, Photo 4, Planche II-2), ferromagnétique et faiblement anisotropique sous huile.

Il a été observé soit isolé (Photo 4, Planche II-2), soit accompagné d'autres phases nous donnant les associations suivantes :

- Tétraferroplatine- Pt_2Fe : échantillons ;
- Tétraferroplatine-isoferroplatine : échantillon 92A5a (Photo 2, Planche II-2, Photo 4, Planche II-2) ;
- tétraferroplatine- $PtCu_2$: échantillon 157A9 : (Photo 8, Planche II-4) ;

- tétraferroplatine-isoferroplatine-laurite-RhFe-PdCu₃: échantillon M78/5 (Photo 3, 4, Planche II-1) ;
- Tétraferroplatine-braggite : échantillon 60A3) ;
- Tétraferroplatine-RhFe-tulameenite-PdCu₂-(Rh,Ni,Cu,Pd)₃As : échantillon 58A11 (Photo 7, 8, Planche II-1) ;
- tétraferroplatine-isoferroplatine-laurite : échantillon M78/10.

Le tétraferroplatine est observé surtout dans les interstices: près du contact chromite/silicate, échantillons 92A5a, 92A5c, 157A7, 58A11, 90A6 etc... (Photo 2 Planche II-1, Photo 4 Planche II-2, Photo 2 Planche II-3), dans la chromite près d'une fracture, échantillons 157A9 et 60A3, ou dans les silicates interstitiels, association de l'échantillon M78/5 (photo 2,3, planche II-1).

Sa taille est variable. Elle est plus petite, environ 4 μm , quand le tétraferroplatine est associée aux autres phases. Quand elle est isolée, sa taille atteint les 20 μm , échantillon 92A5c (Photo 4 Planche II-2).

La composition chimique est simple. Vers le pôle le plus riche en Pt le Pd est toujours présent. Quant aux autres EGP, ils sont mineurs à l'exception de rhodium dont la quantité dans deux cas, échantillons 58A11 et 60A3, est assez élevée. Vers le pôle le plus riche en Fe le cuivre et le nickel sont toujours présents, tandis que le cobalt reste toujours un élément mineur.

On observe une corrélation négative assez bonne entre le platine et le palladium (fig. III.34). Pour des faibles valeurs en nickel et cuivre il existe une certaine corrélation positive tandis que pour des valeurs élevées de ces éléments une nette corrélation négative est observée (Fig. III.32). Le couple Rh-Ni montre que pour des faibles valeurs plus ou moins constantes en ruthénium celles en nickel varient beaucoup tandis que quand les valeurs en rhodium sont élevées il peut y avoir une bonne corrélation positive entre ces deux éléments.

IV.1.4. Innomé Pt₂Fe₃

C'est un alliage du type (Os,Ir,Ru,Pt)₂Fe₃ (Stickman et al. 1984; Jambor 1989) le platine et le seul EGP.

Il est rencontré deux fois dans deux échantillons différents, 153A de

l'indice Leniq du manteau supérieur et B5 de l'indice Bregu i Bibès. Sa taille est relativement petite. Le premier est isolé et inclus dans une chromite fissurée tandis que le deuxième est associé à un tétraferroplatine (n'ayant pas des limites franches avec ce dernier) qui se trouve dans les silicates interstitiels.

Malgré le faible total de ces analyses à cause de leur taille, on les a gardées parce que ce sont les seules qui peuvent illustrer cette nouvelle phase.

Chimiquement, entre les deux analyses il y a une différence. Le minéral de l'échantillon B5 est plus riche en rhodium.

IV.1.5. Diagrammes triangulaires.

Dans le diagramme triangulaire (Pt+Pd+Rh)-Fe-(Cu+Ni) (Fig. III.36.) nous avons reporté tous les alliages de Pt,Pd,Rh.

On voit dans la côte (Pt+Pd+Rh)-Fe du triangle les alliages de Pt,Rh,Fe et dans la côte (Pt+Pd+Rh)-(Cu+Ni) sont projetés les alliages de Pt,Pd,Cu. Au centre du triangle nous avons les alliages qui présentent une solution solide entre les pôles Fe et (Cu+Ni) tel par exemple la tulameenite.

De même, ces alliages sont reportés dans l'autre diagramme triangulaire Pt-Pd-Rh (Fig. III.37.). Le diagramme en question montre que ces alliages sont projetés sur deux joints : Pt-Pd et Pt-Rh en montrant la solution solide entre ces pôles. Il y a une petite quantité d'analyses, surtout des PdCu et PdCu₂, qui sont projetés plus près du joint Pd-Rh.

Dans le but de pouvoir mettre en évidence des variations en cuivre et en nickel dans ces alliages, et surtout dans ceux de Pt, Fe, nous avons reportés ces alliages dans le diagramme (Pt+Pd+Rh)-Fe-Cu/Ni (Fig. III.38.). Le diagramme montre qu'il n'y a pas de variations dans ces éléments entre ces alliages parce que les fourchettes des variations du rapport Cu/Ni sont les mêmes pour tous ces alliages.

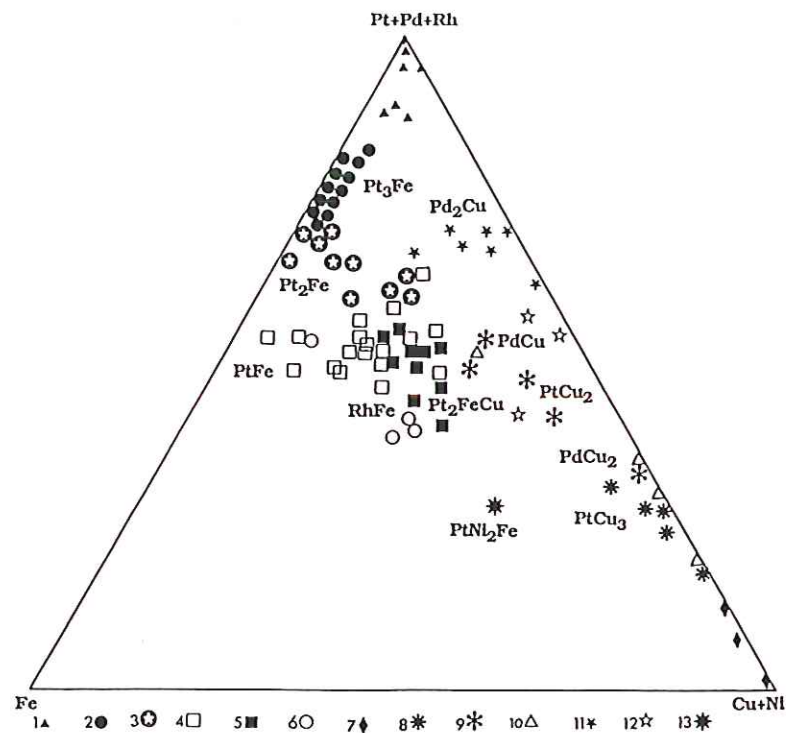


FIGURE III. 36. -Diagramme de variation de (Pt+Pd+Rh)-Fe-(Cu+Ni), exprimés en %at.

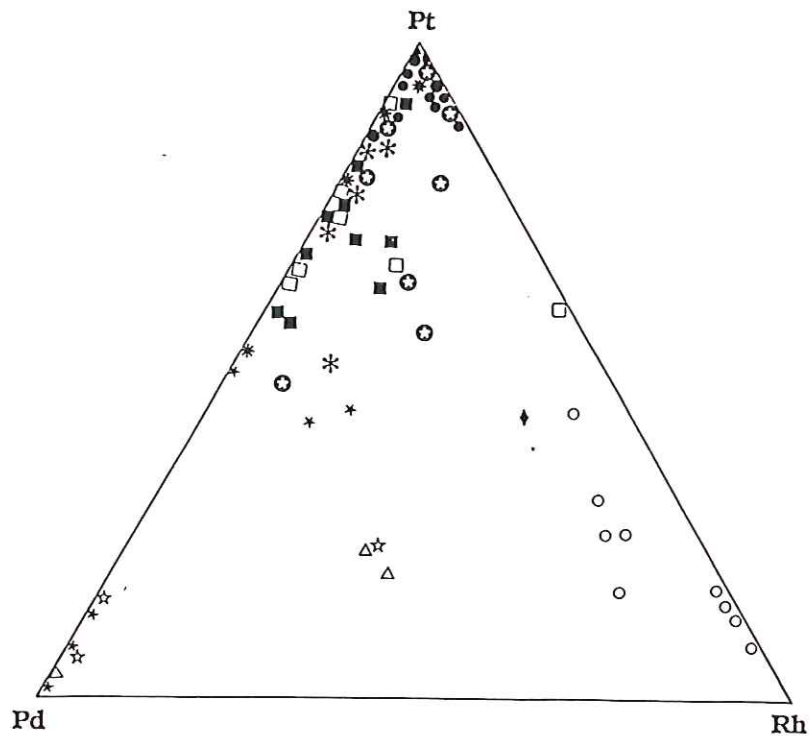


FIGURE III.37. -Diagramme de variation de Pt-Pd-Rh, exprimé en %at.

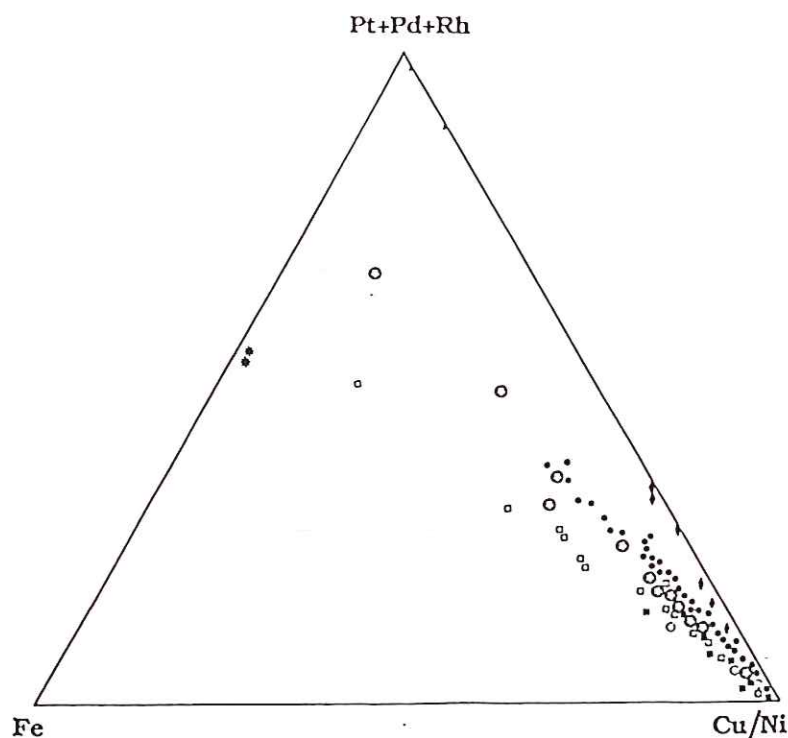


FIGURE III.38. - Diagramme de variation de (Pt+Pd+Rh)-(Cu/Ni)-Fe, exprimé en %at.

IV.2. Système Pt-Fe-Cu

IV.2.1. Tulameenite, Pt_2FeCu

La tulammenite est un minéral quadratique, tétragonal, d'une formule idéale Pt_2FeCu .

Elle a été décrite pour la première fois par Cabri et al. (1973), découverte dans les vallées de Tulammen et les rivières de Smilhameen, Colombie Britannique, au Canada (Cabri et al. 1973; 1975; 1977) et par Hagen et al. (1990) dans des placers quaternaires du bassin Chindwin à Burma.

En lumière réfléchie la tulameenite a une couleur blanche, plus sombre que l'isoferroplatine. Elle présente une faible anisotropie. Cabri et al. (1973, 1975) notent que c'est un minéral ferromagnétique.

Au cours de notre étude, la tulammenite est observée au contact chromite/silicates interstitiels, échantillons 58A11, 58A14, 69A6, 60A16, 96A3a, 157A15 (Photo 7, 8 Planche II-1 etc...), dans les interstices, échantillon 92A5b (Photo 4 Planche II-2), et dans la chromite liée à des fissures, échantillons 158A4, 58A13 (Photo 4 Planche II-4, Photo 6 Planche II-1).

Sa forme est toujours irrégulière et dans certains cas elle peut être poreuse, échantillon 69A6. La plus grande taille observée, 20 μm , appartient à un grain isolé, échantillon 92A5b (Photo 2 Planche II-1).

Associée aux autres MGP la tulameenite présente les associations minérales suivantes:

- Tulameenite-PtCu₃ : échantillons; 58A13, 58A3, et 60A16 (Photo 5 Planche II-1) ;
- Tulameenite-platine-isoferroplatine-laurite, échantillon 96A3a (Photo 1 Planche II-3) ;
- Tulameenite-Pt₂Fe-PdCu-RhFe-(Rh,Co,Ni...)(SAs) : échantillon 58A14 (Photo 5 Planche II-4) ;
- Tulameenite-RhFe-PtPdCu : échantillon 158A2 (Photo 8 Planche II-3) ;
- Tulameenite-tetraferroplatine-PdCu₂-RhFe-Rh₃As : échantillon 58A11 (Photo 7,8 Planche II-1) ;
- Tulameenite-Pt₂Fe-(Rh,Ru)₂(Fe,Ni,Cu) : échantillon 158A4 (Photo 4 Planche II-4) ;
- Tulameenite-Pd₂Cu-Rh₃FeTe? : échantillon 157A15 (Photo 3, Planche II-7) ;
- Tulameenite-hollingworthite, échantillon 69A8 (Photo 3, 4 Planche II-7).

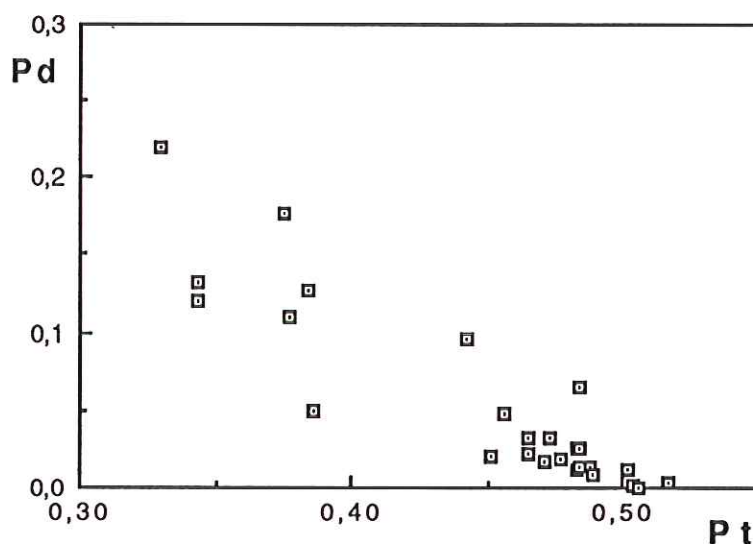


FIGURE III.39. -Domaine de variation des valeurs de platine et celles de palladium, bonne corrélation négative entre ces éléments dans la tulameenite, exprimés en % atomique.

Chimiquement, vers le pôle le plus riche en platine le palladium et le rhodium sont présents et l'osmium, le ruthenium et l'iridium sont des éléments mineurs. Vers le pôle Fe-Cu le nickel est toujours présent et apparemment il remplace le cuivre. Le cobalt est en très faible quantité.

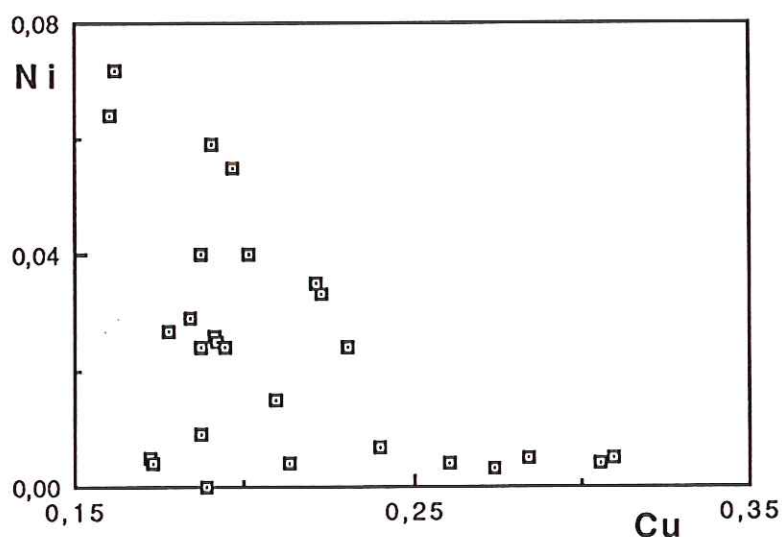


FIGURE III.40. -Domaine de variation des valeurs de nickel et celles de cuivre, corrélation négative entre ces éléments dans la tulameenite, exprimés en % atomique.

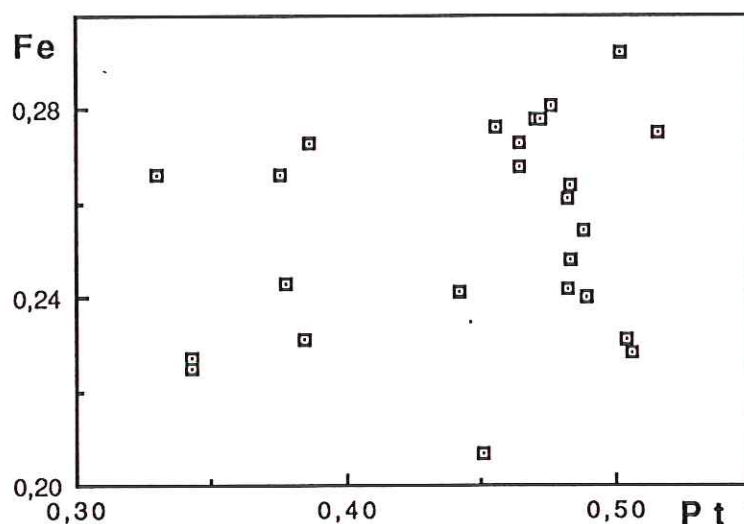


FIGURE III.41. -Domaine de variation des valeurs de platine et celles de fer, bonne corrélation positive entre ces éléments dans la tulameenite, exprimés en % atomique.

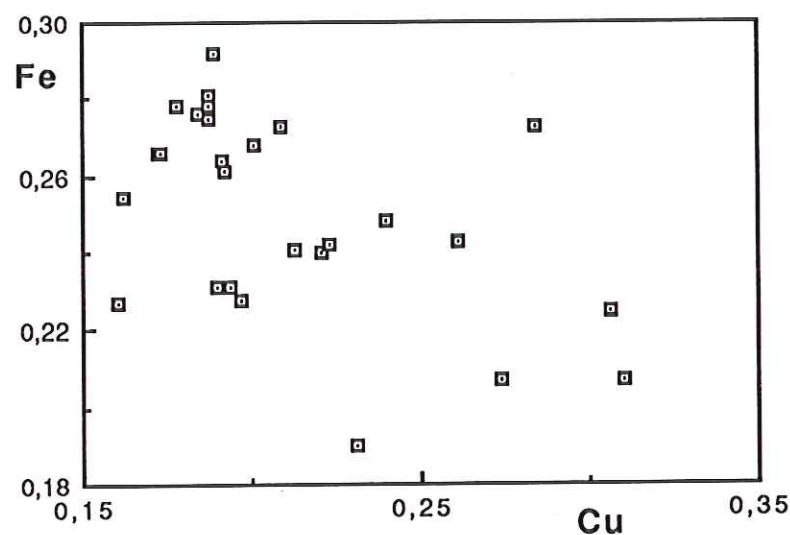


FIGURE III.42. -Domaine de variation des valeurs de cuivre et celles de fer, bonne corrélation négative entre ces éléments dans la tulameenite, exprimés en % atomique.

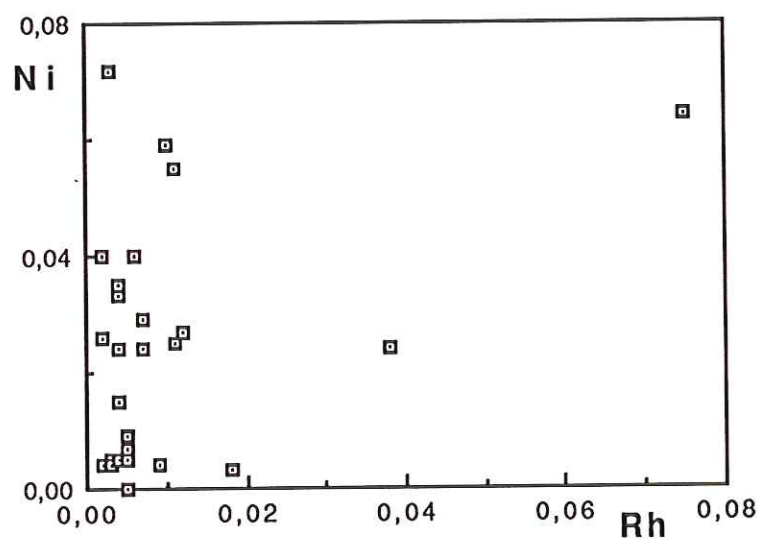


FIGURE III.43. -Domaine de variation des valeurs de nickel et celles de rhodium dans la tulameenite, bonne corrélation positive entre ces éléments quand les valeurs de rhodium augmentent, exprimés en % atomique.

Différents diagrammes établis pour exprimer les relations entre les éléments constitutifs de la tulameenite montrent une corrélation négative entre le Pt et Pd, de même entre le Ni et le Cu.

Quand les teneurs en rhodium sont faibles, il n'y a pas de corrélation entre le rhodium et nickel. Les teneurs en platine et en augmentent pour des teneurs en rhodium presque constantes. Lorsque les teneurs en rhodium augmentent, on observe une corrélation négative entre le rhodium et le platine et positive entre le rhodium et le nickel (fig.III.43).

IV.3. Système Rh-Fe

IV.3.1. Innomé RhFe

C'est un alliage de rhodium et de fer synthétisé par Fallot (1938). puis par De Bergevin et al. (1961), contenant 53% at. de Rh et 47% at. de Fe.

Dans la nature le RhFe a été décrit pour la première fois par Snetsinger et al. (1973). Il distingue deux types de RhFe. Un type blanc d'un pouvoir réflecteur élevé et optiquement isotrope. Le deuxième type est brun d'un pouvoir réflecteur plus faible que le premier, et d'une forte anisotropie.

Entre les deux types il observe aussi une différence de composition chimique. Le premier type est plus riche en fer tandis que le deuxième est plus riche en rhodium.

Au cours de notre étude, le RhFe a été observé dans trois échantillons (58A14, 90A9 et M78/5) qui donnent trois compositions chimiques différentes. Toutes les trois compositions chimiques sont complètement différentes de celles décrites par Snetsinger (1973). Elles sont moins riches en Rh, Fe et Ir et plus riches en Cu, contiennent beaucoup de Pt et de Pd et un petit peu de Ni. Le RhFe provenant de l'échantillon M78/5 est riche en Os.

Les trois échantillons donnent trois associations différentes:

-l'échantillon 58A14 : RhFe-tulammenite-Pt₂Fe-PdCu-(RhCoNi..)(S,As);

-l'échantillon 90A9 : RhFe-Pt₂Fe-Pd₂Cu;

-l'échantillon M78/5 : RhFe-PtFe-Pt₃Fe-laurite-Pd₃Cu.

L'association de l'échantillon 58A14 se trouve au contact chromite-silicate interstitiels, celle de l'échantillon 90A9 dans la chromite liée à des fissures et celle de l'échantillon M78/5 dans les silicates interstitiels.

Le RhFe de l'échantillon 58A14 a une toute petite taille tandis que ceux

des échantillons M78/5 et 90A6 ont des tailles respectives 25x20 et 14x8 micron. Ces deux derniers présentent des formes automorphes, sub- automorphes.

Au microscope, ces alliages, M78/5 et 90A9, sont beaucoup plus sombres que les alliages de Pt. Ils présentent une faible anisotropie.

Ces caractéristiques optique se rapprochent des alliages de RhFe plutôt que de l'alliage brun décrit par Snetsinger (1973). Selon Snetsinger (1973) cet alliage est peut-être tetragonal.

Differents diagrammes linéaires établis montrent des correlations negatives entre le Rh et le Pt, le Rh et le Cu, le Rh et le Ir, et des correlations positives entre le Rh et le Fe et le Rh et le Ni (à l'exception de l'échantillon M78/5).

IV.4. Système Pd-Cu

IV.4.1. Innomé PdCu_3

C'est une nouvelle espèce pas encore décrite dans la nature. Sa composition théorique sur un équivalent synthétique (Elliot 1965) est Pd=35,89%, Cu=64,11%.

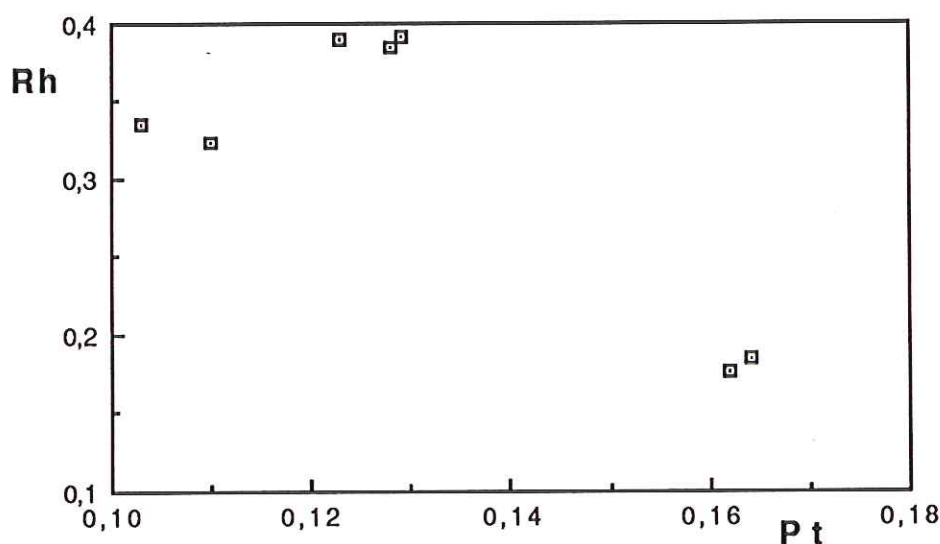


FIGURE III.44. -Corrélation négative entre le rhodium et le platine du minéral innomé RhFe, exprimés en % atomique

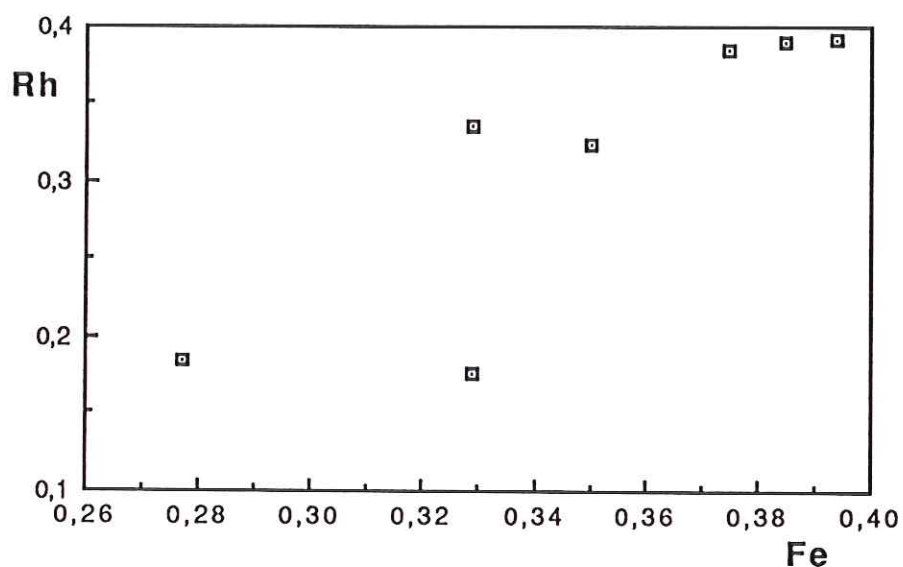


FIGURE III.45. -Corrélation positive entre le rhodium et le fer du minéral inconnu RhFe, exprimés en % atomique

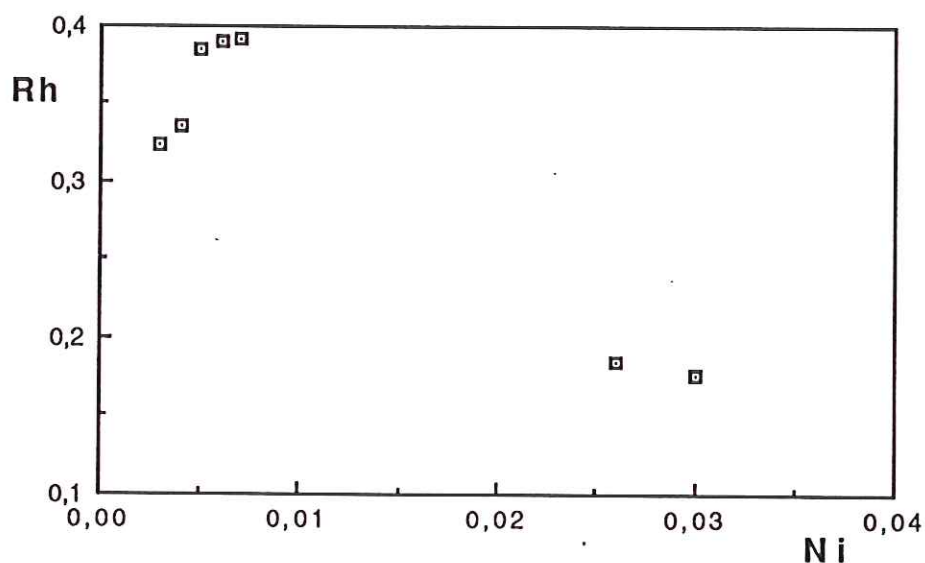


FIGURE III.46. -Corrélation négative entre le rhodium et le nickel du minéral inconnu RhFe, exprimés en % atomique

Dans le cas de notre minéral (Photo 3,4 Planche II-1), l'analyse chimique met en évidence une forte présence d'Os de Pt vers le pôle Pd et une très faible présence de Fe et de Ni vers le pôle Cu. La formule chimique de ce minéral s'écrit: $(\text{Pd}_{0,51}, \text{Os}_{0,33}, \text{Pt}_{0,28}) (\text{Cu}_{2,78}, \text{Fe}_{0,09}, \text{Ni}_{0,01})$.

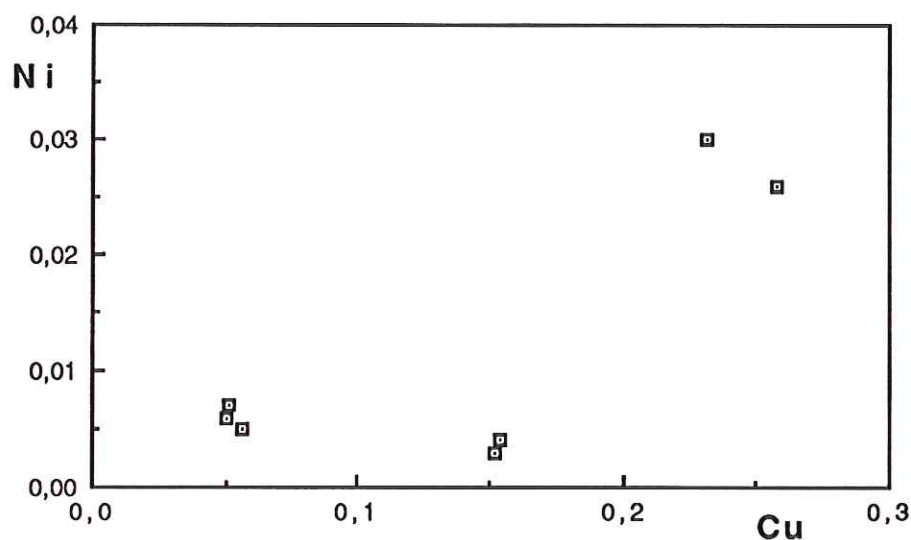


FIGURE III.47. - Corrélation positive entre le nickel et le cuivre du minéral nommé RhFe, exprimés en % atomique

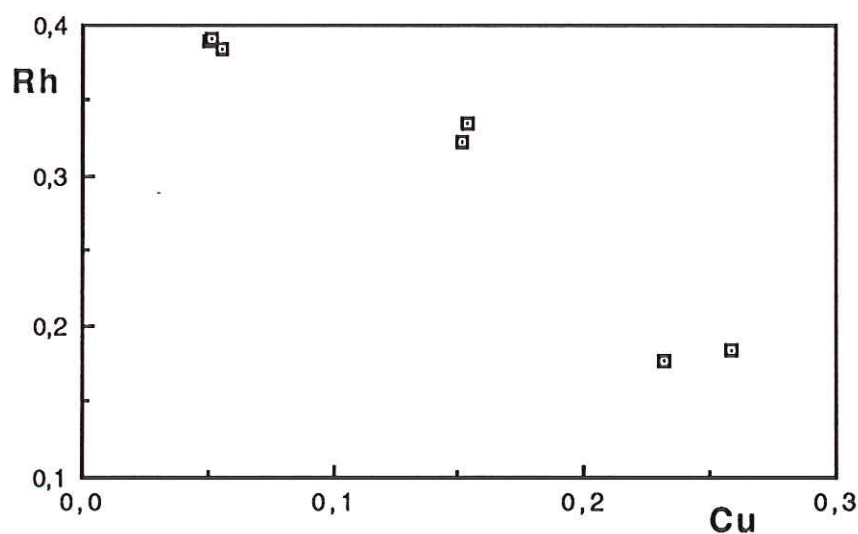


FIGURE III.48. -Corrélation négative entre le Rh et le cuivre du minéral inconnu RhFe, exprimés en % atomique

Le PdCu_3 est observé dans l'échantillon M78/5 en association avec l'isoferroplatine, le RhFe, la laurite et la tétraferroplatine. Sa taille est très petite de $2 \times 3 \mu\text{m}$ qui couronne très fine autour de l'isoferroplatine.

Schubert et al., (1955), Hansen et Anderko, (1958) et Elliot (1965) montrent

que le minéral synthétisé contient 10-20% at. de Pd et à une température 460° est cubique comme le Cu_3Au et quand il contient de 20 à 29% at. de Pd et à une température supérieure à 460° il présente une structure quadratique, tétragonale, déformée.

IV.4.2. Innomé PdCu_2

Il est observé dans deux échantillons, 58A11 et 69A7b. Il se trouve dans le contact chromite/silicate interstitiel. Dans les deux cas la taille est trop petite pour obtenir de bonnes analyses.

Les associations observées sont:

- PdCu_2 -tulammenite- $\text{PtFe-RhFe-(Rh...)}_3\text{As}$: l'échantillon 58A11 (Photos 7 et 8 planche II-1);
- PdCu_2 - $\text{Pd}_3\text{Te-Pd}_2(\text{Cu,Au})$: échantillon 69A7b (Photo 8 Planche II-7).

La composition chimique n'est pas la même pour les deux échantillons. Le PdCu_2 de l'échantillon 58A11 est plus riche en Rh, Pt et Fe tandis que celui de l'échantillon 69A7b ne contient pratiquement que du Pd et du Cu.

IV.4.2. Innomé PdCu

C'est un alliage décrit pour la première fois par Legendre et al. (1991) à Ovest Andriamena. Il a été synthétisé et étudié par plusieurs auteurs entre autres: Helgerson et al. (1924), Johanson et al. (1925, 1927), Borelius et al. (1928), Swenson (1932), Lind (1932), Taylor (1934), Belongov (1936), Jones et al. (1939), Bredley et al. (1940), Nenilov et al. (1949), Elliot (1965) etc...

La composition chimique théorique de ce minéral contient 62,68% de Pd. La composition chimique du grain de l'échantillon 111A5 est proche de la composition chimique théorique tandis que celle du grain de l'échantillon 58A14 contient, vers le pôle Pd, du Pt et du Rh, et vers le pôle Cu est plus riche en Fe.

Dans le cas de l'échantillon 58A14 (Photo 5 Planche II-4) il est associé avec

la tulammenite, le Pt_2Fe , le $RhFe$, et le $(Rh,Co,Ni..)(AsS)$. Il se trouve au contact chromite/silicate interstitiel. Le $PdCu$ de l'échantillon 111A5 (Photo 2 Planche II-4) forme une chaînette de petits grains dont la longueur est d'e 10 μm et la largeur maximale ne dépasse pas le μm . Le grain se trouve au milieu des silicates.

IV.4.3. Innomé Pd_2Cu

C'est un nouveau minéral rencontré dans deux échantillons : 69A7b et 90A9.

Le premier est associé au Pd_3Te et au $PdCu_2$ (Photo 8 Planche II-7). A noter son enrichissement en Au qui apparemment remplace le Cu. Sa position est près du contact chromite/silicate interstitiel. Sa taille est petite, 3,5x2 μm .

Le deuxième est associé au $RhFe$ et au Pt_2Fe (Photos 5 et 7 Planche II-3). Il fait 3x2 μm et ne contient que du Pd et du Cu.

IV.4.4. Innomé $PdPtCu$

C'est une nouvelle espèce qui ressemble au Pd_2Cu mais un Pd est remplacé par un Pt et le Cu est substitué par le Fe. Ce minéral a été observé dans deux échantillons.

Dans l'échantillon 157A15 (Photo 3 Planche II-3), il est assez riche en Rh et est associé à la tulameenite et le Rh_3FeTe . Il mesure 5x4 μm . Il se présente en forme hexagonale un peu corrodée.

Dans l'échantillon 158A2, il est associé à la tulameenite et au $RhFe$ (Photo 8 planche II-3). Cette phase a une taille d'environ 5x2 μm .

Le deuxième grain ne contient presque pas de Rh et il est deux fois moins riche en Fe que le premier.

IV.5. Système Pt-Cu

IV.5.1. Innomé PtCu_3

C'est un minéral synthétisé et étudié par plusieurs auteurs et à plusieurs reprises depuis 1907 (Doernichd). Les études les plus récentes sont celles de Schubert et al. (1957), Hansen et al. (1958), Elliot (1965) etc...

Dans la nature il a été étudié par Sticken et al. (1984). Les compositions chimiques approximatives montrent qu'il contient de 10 à 26% at. de Pt. Nos analyses oscillent entre 14,4 et 26,1% at. Pt. Il faut noter la présence, dans certains cas (échantillons 58A14 et 157A3), du Pd et un déficit en Pt, sauf pour l'échantillon M78/14.

Dans le cadre de cette étude on a observé cinq grains dans trois échantillons. Les associations sont les suivantes :

- Echantillon 58A14 : PtCu_3 -malanite rhodifère-pentlandite (M.E.B.) (Photo 5 planche II-4) ;
- Echantillon 58A3 : PtCu_3 -tulameenite (Photo 6 Planche II-4) ;
- Echantillon 58A13 : PtCu_3 -tulameenite (Photo 5 Planche II-1) ;
- Echantillon 158A14 : PtCu_3 -tulameenite- Pt_2Fe -RhFe-(Rh,Co,Ni.)(S,As) (Photo 5 Planche II-4);
- Echantillon 157A3 : PtCu_3 - Pt_2Cu - PtCu_2 (Photo 7 Planche II-4).

C'est un minéral isométrique. Schubert et al. (1955) font la comparaison avec la structure déformée de Cu_3Au .

La plus grande taille appartient à l'échantillon M78/14, $32 \times 22 \mu\text{m}$, où il présente une forme sub-automorphe un peu resorbée. Les autres échantillons présentent des petits grains xénomorphes.

IV.5.2. Innomé PtCu_2

Ce MGP est ni observé dans la nature ni synthétisé. Nous l'avons observé

dans deux échantillons, 157A trois grains et 58A14 un grain.

A noter la substitution de Pt par le Pd, et surtout par le Rh dans l'échantillon 157A. Le Cu peut être substitué par le Fe et moins par le Ni.

La taille des grains est très petite, $5 \times 2 \mu\text{m}$ dans l'échantillon 157A9. Apparemment ce minéral est moins réflecteur que les alliages de Pt-Fe. Le % at. de Pd oscille entre 15,5 et 33,6.

Les associations de ce minéral avec les autres MGP sont:

-PtCu₂-Pt₂Cu-PtCu₃ pour l'échantillon 157A3 (Photo 7 Planche II-4) ;

-PtCu₂-PtFe pour l'échantillon 157A9 ;

-PtCu₂-Pt₂Fe-tulameenite-PdCu pour l'échantillon 58A14.

IV.5.3. Innomé Pt₂Cu

Ce MGP est ni observé dans la nature ni a été synthétisé. On l'a observé une seule fois dans l'échantillon 157A3 accompagné de PtCu₂. L'analyse 43 est l'unique de cette étude. La petite taille du grain ne permet ni d'avoir une bonne analyse ni de donner plus de détail sur cette nouvelle phase

IV.6. Système Pt-Ni-Fe

IV.6.1. Innomé PtNi₂Fe

L'unique grain de ce nouvel alliage appartient à l'échantillon 96A2. Il n'est ni observé dans la nature ni synthétisé. Isolé dans le contact chromite/silicate interstitiel il présente une forme irrégulière. Sa taille fait 14×8 micron. Sa couleur est blanche.

Chimiquement on peut dire que dans le pôle Pt il peut y avoir un peu de Pd et de Rh tandis que dans le pôle Ni il peut y avoir un peu de Cu. La formule structurale s'écrit: $(\text{Pt}_{1,04}, \text{Rh}_{0,04}, \text{Pd}_{0,04})_{1,12}(\text{Ni}_{1,84}, \text{Cu}_{0,07}, \text{Co}_{0,01})_{1,92}\text{Fe}_{0,95}$

IV.7. Système Os-Ir

IV.7.1. Osmium, Os

L'Os est un alliage étudié en détail par plusieurs auteurs dont Harris et Cabri (1973), Cabri et al. (1981), Harris et Cabri (1991) etc...

Sa formule idéale est Os mais il contient un pourcentage d'autres EGP (tabl.). Selon les données expérimentales il y a une bonne solution solide entre l'Os et les autres EGP à l'exception de Pt. Entre l'Os et le Pt il y a un vaste domaine d'immiscibilité décrit par Harris et Cabri (1991).

L'Os est un alliage hexagonal, anisotrope, de couleur blanc, gris-bleu pâle. La birefléctance et le pléochroïsme sont observables. Il présente, en général, des cristaux automorphes longs.

Au cours de notre étude, il a été observé sept fois aussi bien dans le manteau, où il est isolé dans la chromite, que dans les cumulats, où il est surtout accompagné avec d'autres MGP. Dans les cumulats, uniquement dans l'indice de Bregu i Bibës, on a les associations suivantes déjà citées:

- Osmium-isoferroplatine : échantillon 35A5 (Photo 8 Planche II-2) ;
- Osmium-isoferroplatine-laurite : échantillon 60A5 (Photo 7 Planche II-5) ;
- Osmium-isoferroplatine-(RhPt..)Fe : échantillon 92A4 (Photo 6 Planche II-5) .

Dans le manteau il a été observé dans l'échantillon 24A1, indice de Zogaj Fushë et dans l'échantillon 32A6,7, indice de Skatinë.

La plus grande taille observée de ce minéral est dans l'échantillon 35A5, 18x8 μm , et sa plus petite dans l'échantillon 60A5, 10x2 μm .

Dans les cumulats il y a deux types d'alliage d'Os: un type riche en Pt, (échantillon 35A5) et un deuxième pauvre en Pt, (échantillons B1/3, 60A5 et 92A4) (tab II-11).

Les formules structurales représentatives de ces deux types sont:

-échantillon 35A5, riche en Pt, $(\text{Os}_{0,33}\text{Ir}_{0,24}\text{Pt}_{0,19}\text{Fe}_{0,1}\text{Rh}_{0,03}\text{Cu}_{0,01}\text{Ni}_{0,01})$;

-échantillon B1/3, pauvre en Pt, $(\text{Os}_{0,55}\text{Ir}_{0,31}\text{Ru}_{0,09}\text{Rh}_{0,03}\text{Pt}_{0,01}\text{Cu}_{0,01})$.

Dans le manteau on distingue différents types d'Os. Selon la quantité d'Ir on distingue trois types d'alliage d'Os:

- riche en Ir, échantillon: 24A1, ($\text{Os}_{0,41}\text{Ir}_{0,36}\text{Ru}_{0,14}\text{Fe}_{0,05}\text{Rh}_{0,01}\text{Pt}_{0,01}\text{Cu}_{0,01}$)
- moyennement riche en Ir: (échantillon 32A7) ($\text{Os}_{0,58}\text{Ir}_{0,33}\text{Ru}_{0,06}\text{Fe}_{0,04}\text{Rh}_{0,01}\text{Cu}_{0,01}$)
- pauvre en Ir: (échantillon 32A6) ($\text{Os}_{0,68}\text{Ir}_{0,24}\text{Ru}_{0,02}\text{Fe}_{0,04}\text{Rh}_{0,01}\text{Pt}_{0,01}\text{Cu}_{0,01}$).

Ces différents types d'Os aussi bien dans les cumulats que dans le manteau, sont bien exprimés dans les diagrammes triangulaires Ru-Os-Ir et Os-Ir-Pt (Fig III. 50.).

IV.7.2. Iridium, Ir

Comme l'osmium, l'iridium est également un alliage étudié en détail par plusieurs auteurs dont Harris et Cabri (1973, 1991).

Sa formule générale peut s'écrire (Ir,Pt,Os...).

L'iridium est un minéral cubique, blanc à bleu brillant. Il est isotrope et ne présente ni birefléctance ni pléochroïsme.

Au cours de cette étude il a été rencontré deux fois. Une fois il est rencontré dans l'échantillon C90/8 de l'indice de Vrith, chromite cumulative de la ceinture occidentale des ophiolite albanaises, et une fois dans l'échantillon 26Np1, spinelle accessoire des dunités mantelliques. Sa taille maximale fait $20 \times 17 \mu\text{m}$, échantillon C90/1. Chimiquement il y a une différence entre ces deux alliages d'iridium. Celui de l'échantillon C90/8 est plus riche en iridium, l'autre riche en osmium.

Cette différence est exprimée aussi dans les formules structurales données ci-dessous -échantillon C90/8, ($\text{Ir}_{0,65}\text{Os}_{0,27}\text{Ru}_{0,03}\text{Pt}_{0,02}\text{Cu}_{0,02}\text{Rh}_{0,01}$);

-échantillon 26Np1, ($\text{Ir}_{0,55}\text{Os}_{0,35}\text{Ru}_{0,05}\text{Pt}_{0,02}\text{Cu}_{0,02}\text{Fe}_{0,01}$). Ces alliages d'iridium sont bien distincts sur les diagrammes triangulaires Ru-Ir-Os et Ir-Os-Pt.

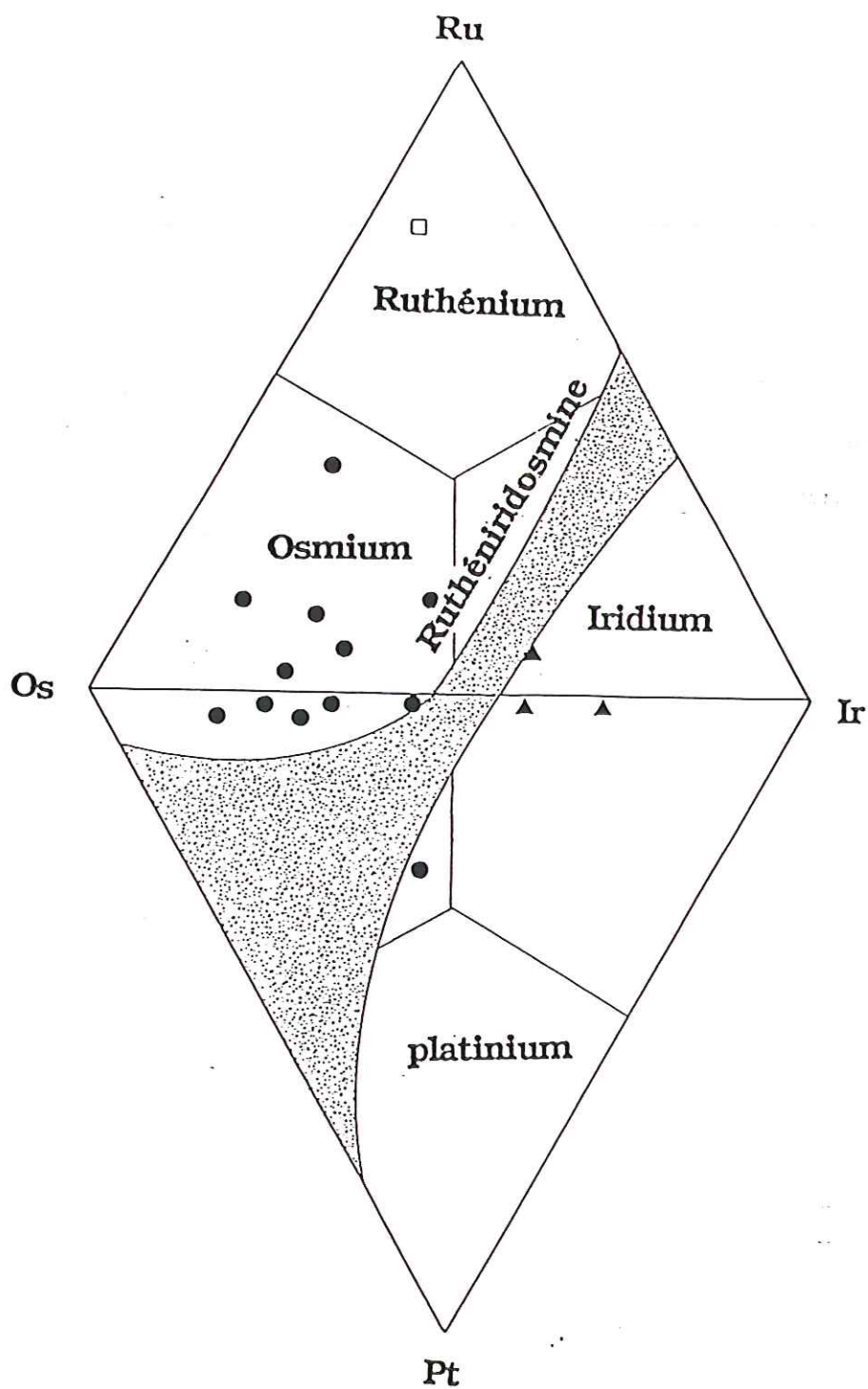


FIGURE III.50. -Diagrammes triangulaires Os-Ir-Ru et Os-Ir-Pt de Harris et Cabri (1991)

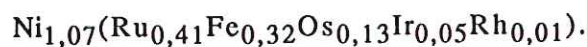
IV.8. Système Ni-Ru-Fe

IV.8.1. Innomé, NiRu

C'est un alliage qui n'est pas d'écrit dans la littérature. Appartenant à

l'échantillon 48A8, c'est le seul MGP du manteau qui se trouve en dehors de la chromite, dans les silicates interstitiels. L'alliage a une forme irrégulière et est poreux. C'est peut être à cause de cette porosité que les analyses ne sont pas excellentes. Sa taille fait 6x2 µm. La distribution des éléments est apparemment est homogène.

Vu la composition chimique, es des rapports entre les éléments dans la formule structurale, on peut dire que la formule idéale de cet alliage est NiRu. La meilleure analyse du grain nous donne la formule structurale suivante:



IV.9. Système Fe-Ni

IV.9.1. Awaruite, Ni_3Fe ou Ni_2Fe

L'awaruite est un des M.B. cubique, isotrope, blanc peut-être un peu crème. Son pouvoir réflecteur est très élevé, un peu moins que les métaux précieux ou un peu plus élevé que le fer.

La présence de l'awaruite dans les chromitites est connue. Récemment sa présence dans les chromitites a été décrite par Gauthier et al. (1990), Corrivaux et al. (1990) et Karaj (1992) dans sa thèse sur le massif ophiolitique de Bulqiza en Albanie.

L'awaruite est le seul alliage des métaux de base présent dans les chromites du massif ophiolitique de Tropeja. Avec la pentlandite et la millerite elles sont les minéraux de métaux de base les plus répandues dans la chromite.

L'analyse d'awaruite appartenant à l'échantillon 139A10 de l'indice de Çabrat-4 dans le manteau montre un petit remplacement du fer par le cuivre et la présence des EGP tel que le palladium qui fait 0,11% pds, le platine 0,08% pds et le rhodium 0,06% pds.

Sa position est entre deux grains de chromite. Autrement elle peut se trouver incluse dans la chromite ou dans les silicates interstitiels.

IV.10. Eléments natifs.

IV.10.1. Platine, Pt.

Le platine est un minéral cubique, isotrope qui ne présente ni de birefléctance ni de pleochroïsme. Sa formule idéale s'écrit Pt mais dans sa formule il peut y avoir aussi d'autres éléments et surtout un peu de fer de rhodium et moins de palladium, de cuivre et de nickel. Donc, sa formule générale on peut l'écrire (Pt,Fe,Rh...), où le platine fait plus que 80% at.

Le platine a une couleur blanche brillante. Son polissage est bon. Le pouvoir réflecteur est très élevé, nettement supérieur à celui de la sperrylite, un peu plus élevé que celui de l'osmium. A peu près comme le palladium natif.

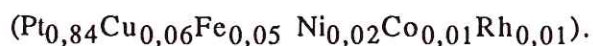
Plusieurs grains de platine ont été observés au cours de cette étude, mais on en a retenu quatre. La meilleure analyse appartient à l'échantillon 90A3.

Trois parmi les quatre grains, (échantillons 90A3, 60A2 et 69A10c) sont monophasés et inclus dans la chomite tandis que le quatrième, (échantillon 96A3a), est associé avec d'autres MGP. Cette association, platine-laurite-isofarroplatine-tulameenite, se trouve au contact silicate interstitiel/chromite.

A noter la présence d'un grain de platine dans une fissure d'une chromite mantellique, échantillon 169/1. Sa taille ne dépasse pas 1µm, apparemment ce grain de platine est tardif.

La composition chimique du platine n'est pas constante. Le % at. des autres éléments dans la formule structurale du platine est variable.

Ainsi, le platine le plus riche en fer est celui de l'échantillon 60A2 dont la formule structurale est: $(Pt_{0,81}Fe_{0,09}Rh_{0,04}Cu_{0,03}Pd_{0,02}Ir_{0,01})$, celui plus riche à la fois en rhodium et palladium appartient à l'échantillon 69A10c de formule structurale $(Pt_{0,8}Rh_{0,11}Pd_{0,04}Cu_{0,03}Ni_{0,02})$ et celui plus riche en cuivre appartient à l'échantillon 96A3a. Sa formule structurale s'écrit:



Dans le même tableau nous avons mis un alliage composé des six EGP avec une dominance du platine sur les autres.

C'est le cas de l'échantillon 92A4 où cet alliage entoure avec l'isoferroplatine un grain automorphe de l'osmium.

Sa formule structurale est: $(\text{Pt}_{0,28}\text{Rh}_{0,22}\text{Ru}_{0,19}\text{Ir}_{0,16}\text{Os}_{0,07}\text{Pd}_{0,06}\text{Fe}_{0,02})$.

IV.10.2. Cuivre, Cu.

Le cuivre est un minéral cubique et isotrope. Sa couleur est rougeâtre, sur une section fraîchement polie sa teinte est rose. Son pouvoir réflecteur est très élevé mais par rapport à l'argent natif il est plus faible.

Trois grains de cuivre natif, appartenants aux échantillon 157A6, 157A5 et 60A1, ont été analysés. Tous les trois grains sont riches en platine (tab II-8).

Ces grains sont associés aux autres phases et présentent les associations suivantes:

-Cuivre-PtCu₂: échantillon 157A6;

-Cuivre-heazlewodite (Ni₃S₂): échantillon 157A5;

Chimiquement ces cuivres natifs sont composés surtout de cuivre qui dépasse 80% at. et de platine et plus rare de nickel.

A noter que le grain hétérogène de l'échantillon 157A5 présente une composition chimique moyenne riche en platine et nickel et une qui ne contient presque pas du tout de platine (0,04% pd) et très peu de nickel (1,52% pd).

La quantité maximale du platine dans le cuivre natif atteint 37,87% pd dans l'échantillon 157A6. Plus de détail sur la composition chimique sont donnés dans le tableau II-8.

B. LES SULFURES

IV.11. Système Ru-S

IV.11.1. Laurite

C'est un MGP de formule générale $(\text{Ru},\text{Os},\text{Ir})\text{S}_2$. La formule idéale étant RuS₂.

La laurite a été décrite pour la première fois Walter et al. en 1866, mais ce n'est que Leonard et Desborough (1969) qui ont effectué une étude sur les caractéristiques optiques, cristallographiques et chimiques.

Elle est aussi le premier MGP qui a été rapporté en tant que minéral présent in situ dans les chromites des séries ophiolitiques (Costandinides et al. 1979). Plus tard, la laurite a été décrite dans des nombreux massifs.

La laurite est un minéral cubique, isostructural de la pyrite. Leonard et Desborough (1969) ont calculé, à partir d'un échantillon naturel qui contenait un peu d'Os et d'Ir, le paramètre a qui est de 5,6135 Å.

La laurite apparaît, surtout, en cristaux automorphes, sous formes d'hexagones (Photo 6 Planche II-1), de rectangles (Photo 3 Planche II-5) ou bien en section qui présente des angles arrondis (Photo 1 Planche II-5).

En section polie et lumière naturelle les laurites paraissent d'un blanc assez pur par rapport à la chromite. En diminuant l'intensité de la source lumineuse, elles paraissent grises à gris bleuté, ce qui fait la distinction avec les alliages.

Il semble que le pouvoir réflecteur augmente avec les teneurs en Ir et surtout dans notre cas avec les teneurs en Os. On rappelle ici les laurite zonées (photo 2 planche II-5), surtout caractéristiques pour l'échantillon M78, où les parties plus riches en Os sont plus brillantes. Le pléochroïsme n'a pas été observé. De même pour l'anisotropie en lumière polarisée, malgré que celle-ci a été rapportée par Stumpfl et Clark (1965) pour un échantillon très riche en Os et Ir.

Le polissage est assez exceptionnel du à la dureté élevée de la laurite. La laurite est un des minéraux opaques les plus durs, en tous cas le plus dur des sulfures, $H=7,5-8$. Son pouvoir réflecteur d'environ 40% permet de le repérer facilement dans la chromite. Sa taille varie entre 1,5 μm (échantillon 24A1) et 30 μm (échantillon M78/7).

Les laurites ont été observées isolées ou accompagnées avec d'autres MGP. En général, elles ont été observées isolées souvent dans la chromite, parfois sous forme d'inclusions fines (Echantillons 27A8 et 34A4). Une inclusion de silicates, peut être associée dans la chromite (Photo 6 Planche II-1).

Accompagnées avec d'autres MGP elles sont observées dans la chromite, comme dans le cas des laurites isolées, près des fissures toujours dans la chromite, dans les interstices, près du contact chromite/silicate interstitiel, ou

incluses dans les silicates interstitiels (Echantillon M78/5).

Dans le cas de laurite accompagnée aux autres MGP, on a les associations suivantes:

- Laurite-isoferroplatine : (Echantillons 59A9, 89A2,3, B2/2, B8/4, B10/2);
- Laurite-isoferroplatine-tetraferrolatine-RhFe-PdCu₃ : (Photos 3 et 4 Planche II-1) ;
- Laurite-isoferroplatine-tetraferrolatine ;
- Laurite-isoferroplatine-Os (Photo 7 Planche II-5) ;
- Laurite-isoferroplatine-kashinite (Photo 5 Planche II-5) ;
- Laurite-kashinite : (Echantillon 39A1);
- Laurite-RuS : (Photo 1 Planche II-6) ;
- Laurite-platine-isoferroplatine-tulameenite, échantillon 96A3a. (Photo 1 Planche II-3).

Les laurites ont été observées aussi bien dans le manteau que dans les cumulats. Dans les chromitites mantelliques elles sont pratiquement isolées dans la chromite, à l'exception de l'association laurite-kashinite de l'échantillon 39A1. Des laurite ont été observées dans le spinelle accessoires des dunités mantelliques de l'échantillon 26N.

Dans les cumulats elles se trouvent en différentes positions. La plupart des grains est isolée. Les associations laurite-isoferroplatine sont souvent observées, tandis que les autres associations sont observées qu'une seule fois.

A noter la présence de la laurite dans le spinelle accessoire des pyroxénites cumulatives de l'échantillon 74N, et des harzburgites cumulatives, échantillon 14 (grain arraché avant d'être analysé à la sonde).

La plus grande taille, 30 µm, a été observée dans les laurites cumulatives, échantillon M78/7.

Composition chimique des laurites. Le chimisme des laurites est assez simple. Pour le cation il s'agit de la variation entre trois éléments: Ru; Os et Ir avec une substitution du Ru par Os et Ir mais toujours le Ru est plus élevée que la somme (Os+Ir).

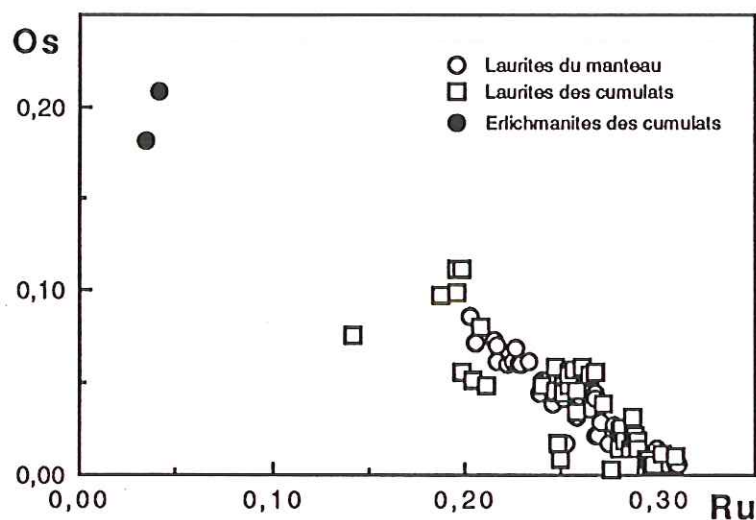


FIGURE III.51. --Domaine de variation des valeurs de ruthénium et celles d'osmium, bonne corrélation négative entre ces éléments dans la laurite, exprimés en % atomique.

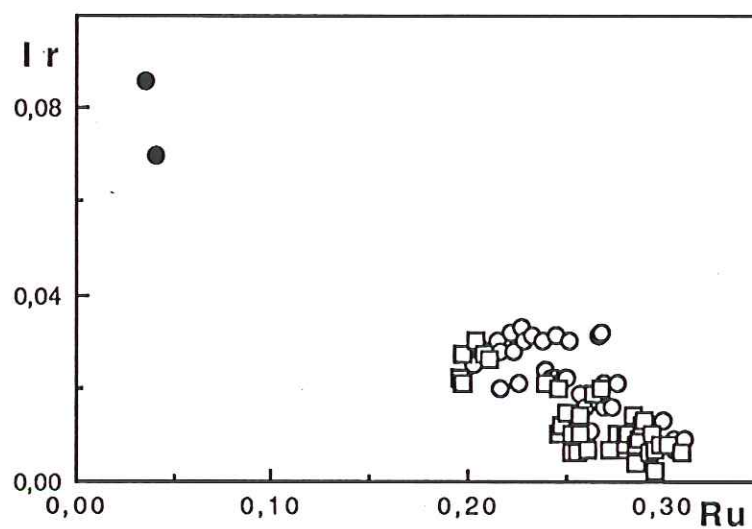


FIGURE III.52. --Domaine de variation des valeurs de ruthénium et celles d'iridium, bonne corrélation négative entre ces éléments dans la laurite, exprimés en % atomique. Légende cf. fig. précédente.

Il existe une différence en composition chimique entre les laurites mantelliques et celles cumulatives. Les laurites mantelliques sont plus riches en Ir et moins riches en Rh que les laurites cumulatives (tableaux II-9; II-10). Le fer n'est pas toujours présent dans le réseau des laurites mantelliques tandis que

pour les laurites cumulatives, même après les corrections, il y est présent (tableau II-9).

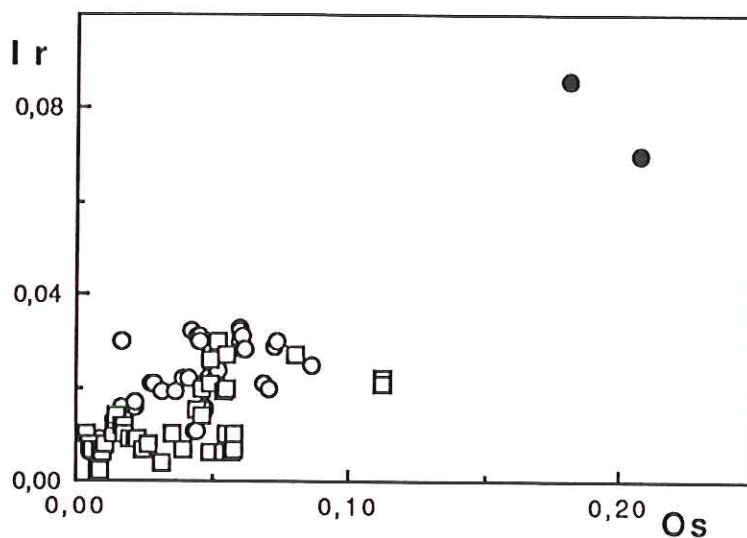


FIGURE III.53. -Domaine de variation des valeurs de iridium et celles d'osmium, bonne corrélation positive entre ces éléments dans la laurite, exprimés en % atomique. Légende cf. fig. précédente.

Le diagramme (Fig. III.54.) montre la solution solide entre Ru et Os et entre Ru et Ir. Ce diagramme sépare très bien les laurites mantelliques des laurites cumulatives.

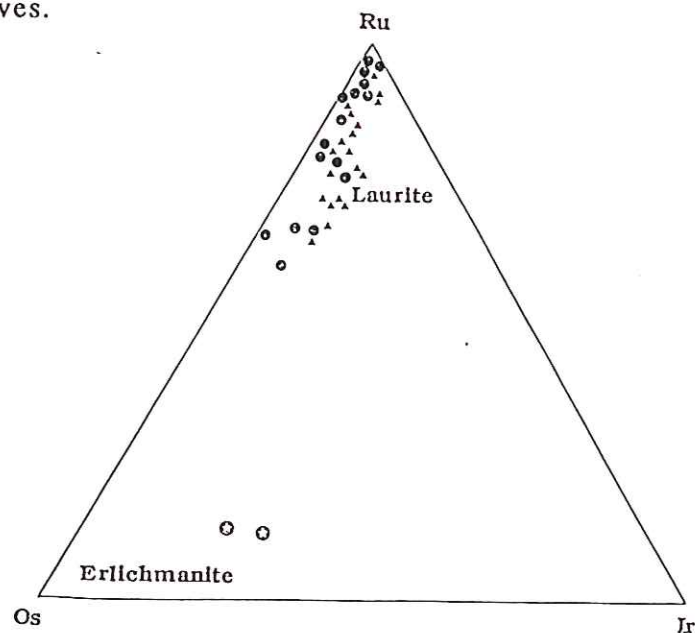


FIGURE III.54. -Composition des laurites le diagramme triangulaire Os-Ir-Ru.

Les laurites mantelliques appartiennent à douze gisements de chromite représentant le massif tandis que les laurites cumulatives appartiennent surtout à l'indice Bregu i Bibës, et à l'indice Dajç, voisin de celui de Bregu i Bibës. Les laurites de l'échantillon 103A appartiennent au gisement Skatinë-Gëzhime qui se trouve au Sud de Kam, dans la deuxième coupe, Kam-Helshan, effectuée dans les cumulats.

IV.11.2. Erlichmanite

C'est un minéral de formule idéale OsS_2 . La formule générale est $(\text{Os}, \text{Ru} \dots)(\text{S}; \text{As})_2$. Elle a été décrite pour la première fois par Snetsinger (1971) puis par Begizov (1976) et Cabri et al. (1980).

Costandinides et al. (1979) l'ont également décrite en inclusion avec les laurites mais dans les chromitites ophiolitiques du massif du Troodos. La paragenèse laurite-erlichmanite a été citée par Bowles (1981) dans des concentrés alluvionnaires de Sierra Leone tandis que Berlincourt et al. (1981) citent l'existence d'une solution solide complète entre les pôles OsS_2 et RuS_2 . Un an plus tard McLeren et al. (1982) décrivent des laurites entourées par de l'erlichmanite. Une erlichmanite riche en Ru et Ir a été décrite par Augé (1985) dans les chromitites du massif de Tiebaghi en Nouvelle Calédonie.

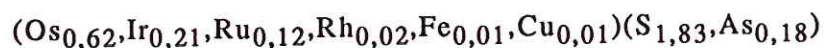
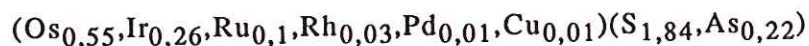
L'erlichmanite est un minéral de même couleur que la laurite décrite ci-dessus mais son pouvoir réflecteur est plus élevé que celui de la laurite. Cette augmentation du pouvoir réflecteur est due à l'augmentation de la teneur en Os. Le pleochroïsme n'est pas observable. Comme la laurite, l'erlichmanite est un minéral isotrope. Elle présente des formes plus au moins automorphes.

Dans le cadre de cette étude, deux grains de l'erlichmanite ont été observés. Le premier, échantillon 128A, arraché avant d'être passé à la sonde appartient à l'indice Vlad et le deuxième, échantillon 35A6, appartient à l'indice Bregu i Bibës. Dans les deux cas les grains sont isolés dans la chromite. Le mieux étudié, donc, est le grain de l'échantillon 35A6 qui fait une taille $5 \times 3 \mu\text{m}$.

C'est une erlichmanite pas très riche en Os (tableau), beaucoup plus riche en Ir et moins riche en Rh que toutes les erlichmanites décrites, plus riche en Ru que celles décrites par Begizov (1976) et Cabri (1981) et moins riche que

celles décrites par Augé (1985). Par contre vers le pôle Os on observe une assez forte substitution de S par As .

Les formules de deux analyses effectuées sur le grain 35A6 s'écrivent:



Donc, on observe une différence de composition chimique entre les deux analyses ci-dessus qui montre une variation des teneurs en Os même dans un grain même assez petit. Ces analyses montrent aussi que l'enrichissement en Os s'accompagne d'un appauvrissement en Ir et As, Rh et d'une légère augmentation de la teneur en Ru.

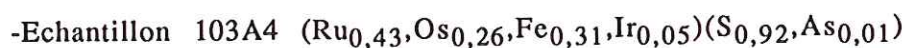
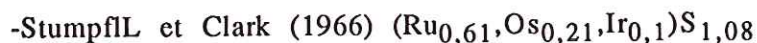
IV.11.3. Innomé RuS

C'est un MGP innomé cité pour la première fois par Stumpfl et Clark (1966). C'est un minéral d'une couleur gris claire. Son pouvoir réflecteur est assez élevé, 60-65%, le pleochroïsme n'a pas été signalé. Il présente une anisotropie qui va de jaune sombre doré à gris bleuté sombre.

Au cours de notre travail il a été rencontré une seule fois accompagné d'une laurite dans l'échantillon 103A4. Il entoure la laurite, donc il doit être postérieur à la laurite. Au M.E.B. on constate que le RuS est plus en relief que la laurite, donc il est plus dur.

Chimiquement, par rapport à celui décrit par Stumpfl et Clark (1966), il est plus riche en Os, moins riche en Ru, Ir et S et il contient beaucoup de Fe (12% pd).

Pour faire la comparaison entre notre RuS et celui décrit par Stumpfl et Clark (1966) on écrit les deux formule sturcturale:



IV.11.4. Innomé Ru_3S_2

C'est un innomé synthétisé par Hansen et Anderko (1958), Toma et Murphy (1978) ont observé et analysé un grain similaire enveloppant un alliage

de EGP dans le gisement Klarksdorp en Afrique du Sud.

C'est un minéral de couleur gris. On n'a pas de données sur le pouvoir réflecteur, le pleochroïsme et l'anisotropie.

Nous l'avons rencontré dans deux échantillons, 84A1 et 158A8.

Le premier est inclus dans une chromite massive du manteau, entouré d'une inclusion silicatée automorphe, hexagonale. Il est accompagné d'une nouvelle espèce innommée, Ru_2S . L'ensemble Ru_3S_2 - Ru_2S est automorphe et hexagonale. Ru_3S_2 est moins dur que Ru_2S .

Le deuxième se trouve à l'intersection de fissures à l'intérieur d'un cristal de chromite cumulative. Il est automorphe et est accompagné d'une laurite et se présente plus en relief que la dernière.

Dans les deux cas ils se sont développés vers le bord de l'association, donc ils y sont postérieurs.

La composition chimique n'est pas la même. Ainsi, le grain de l'échantillon 84A1 est plus riche en S, Ru, Cu, Co, Ni et Ir, il contient du Fe et ne contient presque pas d'As. Il est moins riche en Rh et Pd. Une nette différence existe entre ces deux grains et ceux décrits par Toma et Murphy (1978). Pour pouvoir mettre en évidence cette différence ci-dessous nous avons écrit les trois analyses:

-Toma et Murphy $(\text{Ru}_{1,13}, \text{Ir}_{0,71}, \text{Rh}_{0,5}, \text{Os}_{0,46}, \text{Pt}_{0,11}, \text{Cu}_{0,04}, \text{Ag}_{0,03}, \text{Fe}_{0,01})\text{S}_{2,03}$

-Ech : 184A1 $(\text{Ru}_{1,62}, \text{Cu}_{0,62}, \text{Fe}_{0,39}, \text{Os}_{0,15}, \text{Ir}_{0,12}, \text{Ni}_{0,09}, \text{Co}_{0,06}, \text{Rh}_{0,04}, \text{Pd}_{0,01})\text{S}_{1,9}$

-Echantil. 158A8 $(\text{Ru}_{1,5}, \text{Cu}_{0,6}, \text{Pd}_{0,5}, \text{Rh}_{0,25}, \text{Ir}_{0,07}, \text{Os}_{0,06}, \text{Ni}_{0,02})(\text{S}_{1,88}, \text{As}_{0,12})$.

IV.11.5. Innomé, Ru_2S

Cette espèce dans le système Ru-S n'est pas encore synthétisée. Nous l'avons rencontrée une seule fois, échantillon 84A1, accompagnée de Ru_3S_2 . Sa taille ne nous permet pas de donner plus de détail. A noter la présence du Fe et du Cu en quantité notable.

Sa formule structurale s'écrit:

$(\text{Ru}_{1,02}, \text{Cu}_{0,49}, \text{Fe}_{0,25}, \text{Os}_{0,08}, \text{Ir}_{0,07}, \text{Ni}_{0,07}, \text{Co}_{0,04}, \text{Rh}_{0,03})\text{S}_{0,95}$

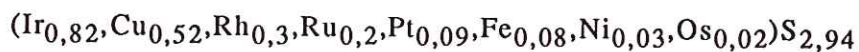
IV.11.6. Kashinite

C'est un autre sulfure dont la formule idéale est $(\text{IrRh})_2\text{S}_3$. Elle a été annoncée comme un minéral innomé par Begizov et al. (1975) et défini comme kashinite par Begizov et al. (1985). La kashinite présente une solution solide entre le pôle Ir et celui Rh avec prédominance du pôle Ir.

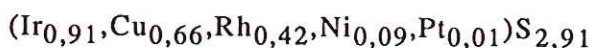
Pour la première fois elle a été décrite enchevêtrée avec d'autres MGP dans le gisement filonien de Pt du massif ultrabasique de Nizhnetagilsky.

C'est un minéral anisotrope d'une birefléctance élevée. Son pouvoir réflecteur est d'environ 46% (Begizov 1985).

La kashinite, a été observée dans deux cas. La première appartient à l'échantillon 39A1, chromite mantellique du gisement Kepenek-9. Elle est associée à une laurite. La deuxième appartient à l'échantillon 2/3, chromite massive de l'indice de Bregu i Bibës. Cette kashinite est associée à une laurite et à un isoferroplatine. Dans les deux cas elle présente la forme d'une baguette enveloppant d'un côté la laurite. L'analyse de la deuxième kashinite donne la formule structurale suivante :



La forte présence du Cu dans la formule la rapproche plutôt de l'innomé $(\text{Ir,Cu})_2\text{S}_3$ décrit par Augé (1985) dont la formule structurale est :



A notre avis il s'agit d'une kashinite riche en Cu et Ru.

IV.11.7. Bowieite, $(\text{Ir,Rh})_2\text{S}_3$

Plusieurs auteurs ont cité certaines caractéristiques d'un minéral inconnu dont la formule s'écrivait $(\text{Ir,Rh})_2\text{S}_3$ ou Rh_2S_3 . Entre autre, Parthe (1967) décrit un Rh_2S_3 synthétique. Begizov et al. (1975) dans le massif d'Urals, Cabri et al. (1981) en Ethiopie, Keqao et al. (1981, 1982) en Chine ont décrit enfin ce minéral à l'état naturel. Corrivaux et al. (1990) l'ont trouvé dans les ophiolites de Thetford Mines Québec. L'étude la plus complète sur cette espèce a été effectuée par Desborough et al. (1984) sur trois pépites de 5 à 7 mm de diamètre, provenant de la baie de Goodnews (Alaska) et fournies par John B. Mertie en

1973. Il l'a nommée bowieite.

En lumière réfléchie elle présente une couleur gris pâle à gris-brun pâle, en comparaison avec un alliage Pt-Ir blanc plus réfléchant. Ni la birefléctance, ni le pleochroïsme n'ont été observés. Les teintes de l'anisotropie vont du gris foncé au brun foncé. Le pouvoir réflecteur varie entre 45,8 et 48,2. La densité varie entre 6,91 et 6,96. La bowieite est un minéral orthorhombique.

Nos analyses ont permis de déterminer quatre minéraux dont la formule se rapproche à celle d'une bowieite. L'un d'eux est isolé dans le contact chromite-silicate interstitiel, échantillon 58A5b indice de Bregu i Bibès. La composition chimique diffère de celle du minéral type, donnée par Desborough et al. (1984) et Johan et al. (1991).

-Desborough et al. (1984) (première pépite) $(\text{Rh}_{1,21}, \text{Ir}_{0,62}, \text{Pt}_{0,15})\text{S}_3$

-Johan et al. (1991) $(\text{Rh}_{1,15}, \text{Ir}_{0,74}, \text{Pt}_{0,08}, \text{Cu}_{0,03}, \text{Fe}_{0,02}, \text{Os}_{0,01})(\text{S}_{2,95}, \text{As}_{0,01})$

-Echant: 58A5b $(\text{Rh}_{1,19}, \text{Ru}_{0,64}, \text{Os}_{0,09}, \text{Ir}_{0,04}, \text{Pt}_{0,01}, \text{Pd}_{0,01}, \text{Ni}_{0,01})(\text{S}_{2,75}, \text{As}_{0,26})$

Donc, on observe le remplacement de l'Ir par le Ru et la substitution d'une partie de S par l'As. Pour exprimer cette différence de composition chimique on va appeler ce minéral "rhutheno-bowieite".

Les autres grains, échantillon 157A2 de l'indice Dajç et B10/6 de l'indice de Bregu i Bibès, sont composites et inclus dans la chromite.

Ainsi:

-dans l'échantillon 157A2 la bowieite est apparemment associée à une braggite (données M.E.B.);

-dans l'échantillon 157A11 on a l'association bowieite-braggite-bornite-chalcopryrite-silicate;

-dans l'échantillon B10/6 elle est associée d'un Pt_2Fe .

Même dans ce cas, les composition chimique ne sont pas les mêmes avec ceux citées par Desborough et al. (1984). Dans notre cas on observe le remplacement de l'Ir par Cu.

-échantillon 157A2, $(\text{Rh}_{0,64}, \text{Pt}_{0,64}, \text{Cu}_{0,67}, \text{Ir}_{0,04}, \text{Ni}_{0,02}, \text{Fe}_{0,02}, \text{Pd}_{0,02})\text{S}_{2,95}$

-échantillon 157A11, $(\text{Rh}_{0,67}, \text{Pt}_{0,69}, \text{Cu}_{0,67}, \text{Ir}_{0,04}, \text{Co}_{0,01})\text{S}_{2,93}$

-échantil. B10/6: $(\text{Rh}_{0,63}, \text{Pt}_{0,84}, \text{Cu}_{0,44}, \text{Os}_{0,06}, \text{Ir}_{0,03}, \text{Fe}_{0,03}, \text{Ni}_{0,01}, \text{Co}_{0,01})\text{S}_{2,95}$

L'enrichissement en Cu nous amène à l'appeler "cupro-bowieite".

En se basant sur les données bibliographiques citées ci-dessus pour la kashinite et la bowieite, et leurs travaux dans le complexe de Fifield, Australie Slansky et al. (1991) insistent sur une très forte solution solide entre le kashinite et la bowieite.

IV.12. Système (Pt,Rh,Pd...)-S

IV.12.1. Cooperite PtS

La cooperite a été découverte dans un échantillon du massif de Buchveld par Cooper (1928). Elle a été nommée cooperite par Wagner (1929). Banninster et Hey (1932) la déterminent comme un minéral quadratique (tetragonal). Gronvald et al. (1960) ont étudié en détail les paramètres de la cellule élémentaire d'une cooperite synthétique et Beny et Thomson(1962) trouvent à peu près les mêmes valeurs. Plus tard, la cooperite a été observée et étudiée par Genkin (1968), Cabri (1972), Vermaak et Hendriks (1976), Schwellnus et al. (1976), Brynard et al. (1976), est surtout par Cabri et al. (1978), Distler et al. (1980) et Yakovlev et al. (1991) etc...

La formule idéale de la cooperite est PtS et sa formule générale est (Pt,Pd,Ni)S. Sa couleur varie de gris pâle à gris claire et crème.

Elle ne présente ni birefléctance ni pleochroïsme mais elle présente une anisotropie modérée gris sombre en extinction.

Deux grains de cooperite, provenant de l'indice de Bregu i Bibès, échantillons 55A1 et 90A10, ont été observés dans le cadre de cette étude. Les deux grains de cooperite sont isolés et inclus dans la chromite. Elle est plus au moins automorphe d'une petite taille, 3 micron environ dans l'échantillon 90A10.

Chimiquement, elles contiennent surtout du Pt, un peu de Ni et Rh. Les analyses sont présentées dans le tableau II-12.

IV.12.2. Braggite, (Pt,Pd,Ni)S

C'est un MGP quadratique (tetragonal) d'une formule générale (Pt,Pd,Ni)S. Elle a été nommée par Banninster et Hey (1932). Sa structure cristalline a

été déterminée par Child et Hall (1973) et ne diffère pas beaucoup de celle de la cooperite. Plus tard elle a été décrite par Vermaak et al. (1976), Schwelnus et al. (1976), Cabri et al. (1978), Corrivaux et al. (1990), Legendre et al. (1991) etc...

La braggite est le MGP dominant dans les gisements stratiformes d'affinité tholéïtique à sulfures subordonnés comme Merensky Reef, Stillwater, Lac des Îles etc... Elle est généralement incluse dans les sulfures de métaux bases tels que pyrrhotite, chalcopryrite ou pentlandite ou bien au contact sulfure-silicate, sulfure-chromite et parfois incluse dans les alliages de Pt-Fe (Cabri et al. 1981).

Nous avons trouvé quatre braggite incluses dans la chromite, accompagnées d'autres MGP. Leur taille est petite 5,5x4 µm maximum, échantillon 157A11.

Elle est accompagnée:

-d'un Pt₂Fe : échantillons B7/3 et B5/4;

-d'un isoferoplatine : échantillon B2/2;

-D'une bowieite : bornite, chalcopryrite et silicate, échantillon 157A11.

Chimiquement on distingue deux braggite riches en Ru et Fe, échantillons B2/2 et B5/4, une riche en Rh, et une riche en Pd.

Vu leur composition chimique on peut conclure que seul l'échantillon 157A11 présente une vraie braggite tandis que les échantillons B2/2 et B5/4 présentent une variété rhuteno-ferrière de la braggite et l'échantillon B7/3 présente une braggite rhodifère. Les analyses sont données dans le tableau.

Pour bien exprimer cette différence on va écrire les quatre formules structurales et celles d'une braggite type, Cabri et al. (1978).

-échantillon B2/2, (Pt_{0,36},Ru_{0,4},Fe_{0,15},Rh_{0,09},Pd_{0,04},Cu_{0,01})(S_{0,93},As_{0,02});

-échan.B5/4: (Pt_{0,52},Ru_{0,29},Fe_{0,14},Rh_{0,08},Os_{0,01},Ir_{0,01},Cu_{0,01})(S_{0,91},As_{0,03});

-échantillon B7/3, (Pt_{0,5},Ru_{0,46},Rh_{0,02},Cu_{0,02},Pd_{0,01},Ir_{0,01},Os_{0,01})S_{0,97};

-échantillon B7/3, (Pt_{0,69},Pd_{0,26},Cu_{0,01},Ni_{0,01})S_{1,03};

-Cabri et al. (1978), (Pt_{0,67},Ru_{0,24},Ni_{0,12})S_{1,01}.

Skinner et al. (1976) note que plus la teneur en Pd est élevée plus la température de formation de la braggite est importante. Une teneur d'un peu moins de 30% de Pd, tel doit être le cas de l'échantillon 157A11, serait significatif d'une température de formation de 1000°C.

La même chose est affirmée par Cabri et al. (1978) quand il dit que

braggite et cooperite, peuvent être formées dans des températures magmatiques, c'est à dire aux alentours de 1000°C.

IV.12.3. Malanite? Innomé CuPtRhS_4

C'est un minéral dont la formule ressemble à celle d'une malanite mais ce n'est pas une malanite parce que l'Ir est presque complètement remplacé par le Rh. Sa formule idéale pourrait s'écrire CuPtRhS_4 tandis que la formule structurale est $(\text{Cu}_{1,02}\text{Fe}_{0,06}\text{Ni}_{0,02})(\text{Pt}_{0,96}\text{Rh}_{0,9}\text{Ir}_{0,03})\text{S}_{4,02}$.

Le minéral est accompagné au PtCu_3 et à la pentlandite (selon les données M.E.B.). Sa taille fait $20 \times 14 \mu\text{m}$. Son pouvoir réflecteur est plus faible que celui de PtCu_3 .

L'assemblage CuPtRhS_4 - PtCu_3 -pentlandite est automorphe et inclus dans la chromite, échantillon M78/14, (Photo 6 Planche II-7).

C. ARSENIURES.

IV.13. Systèmes Pt-As, Ru-As.

IV.13.1. Sperrylite, PtAs_2

La sperrylite est un MGP dont la formule structurale idéale est PtAs_2 . Sa formule générale s'écrit: $(\text{Pt,Rh})(\text{As,S,Sb})_2$. Elle fait le MGP le plus commun des gisements connus. La sperrylite a été décrite dans pratiquement tous les gisements de MGP connus. Entre autres, on cite l'ancienne mine de Vermillon en Ontario, le gisement de Tweefontein dans l'Afrique de Sud, Witwatersrand (Feather 1976), et récemment dans le massif basique-ultrabasique de la zone Ouest-Andriamena (Legendre et al. 1991, Ohnenstetter et al. 1992).

La sperrylite, comme la platarsite, est un minéral cubique. Elle possède une structure du type pyrite (Zygmansky 1979). Elle est généralement automorphe, en section rhombique ou hexagonale mais aussi allongées compatible avec des cristaux tabulaire décrits par Cabri (1981). C'est un minéral blanc, isotrope. Son pouvoir réflecteur est de 53,5% à 55,5%. La bireflectance et

le pleochroïsme ne sont pas observés.

Contrairement à ce que l'on a dit ci-dessus, la sperrylite n'est pas courante dans le massif ultrabasique de Tropoja. Elle est presque absente dans l'indice de Bregu i Bibës.

La sperrylite de l'échantillon 33A2 appartient à l'indice de Maja e Sukës qui se trouve dans la deuxième coupe cumulative, celle Kam-Helshan.

Cette sperrylite est accompagnée d'une hollingworthite, d'une cuprorhodsite et d'une anduoïte.

Vu les relations entre ces différentes phases on conclut que la hollingworthite, la cuprorhodsite et l'anduoïte sont plus tardives que la sperrylite.

Chimiquement on peut dire que le pôle Pt est pur à l'exception d'une légère présence du Rh et de l'Ir. De même, on note la présence du S et du Sb dans le pôle As (tabl II-13).

L'unique sperrylite de l'indice de Bregu i Bibës appartient à l'échantillon B1/1. Elle se trouve dans une auréole de magnétite qui entoure la chromite.

Cette sperrylite est un petit peu moins riche en Pt et plus riche en Ru que celle de l'indice de Maja e Sukës, échantillon 33A2.

IV.13.2. Anduoïte, RuAs_2

L'anduoïte représente un MGP d'une formule idéale RuAs_2 , avec une formule générale $(\text{Ru,Os,Ir,Cu})(\text{As,S,Sb})_2$. Elle a été étudiée pour la première fois par Yu et Chou (1979). Dans le gisement décrit par ces auteurs elle est incluse dans une chromite liée avec une péridotite à augite et une dunite du Tibet. L'étude a été reprise par Fleischer et al. (1980). C'est un minéral orthorhombique qui a la structure de la marcasite. En lumière réfléchie elle présente une couleur blanche à rose, voire rose doré. Elle présente aussi une birefléctance. Elle est anisotrope. Son pouvoir réflecteur est de 46,4% à 62,5%.

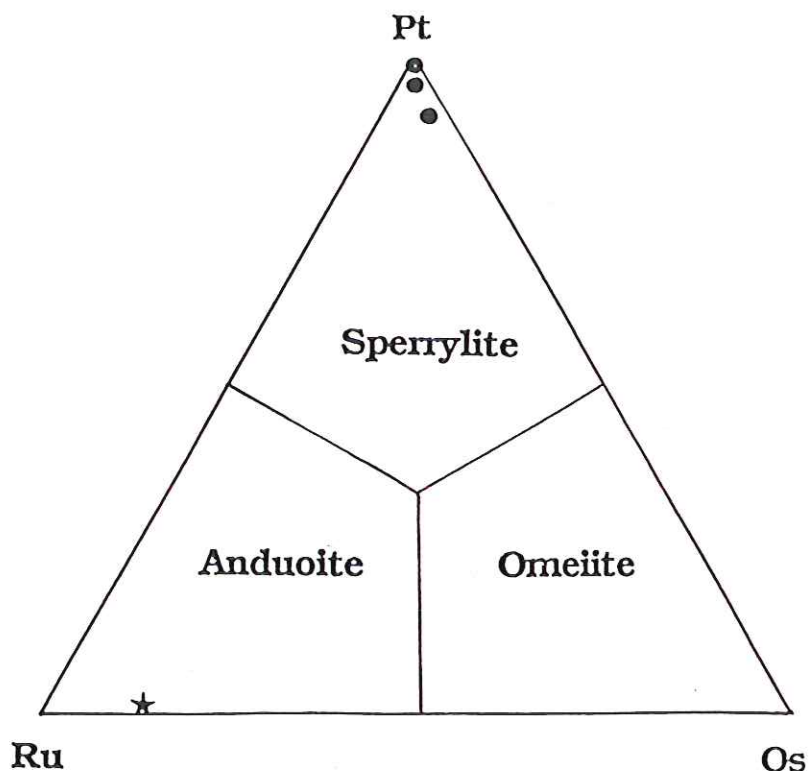


FIGURE III.55. -Diagramme triangulaire Pt-Ru-Os.

Nous avons observé une seule anduoïte. Elle est associée à une sperrylite, une hollingworthite et une cuprorhodsite dans l'échantillon 33A2 (indice Maja e Sukës). Elle doit se former par remplacement de la sperrylite.

En ce qui concerne la composition chimique, elle est plus riche en Rh, Ni, Pd et Pt (Tab. II-13) que celles décrites par Yu et Chou (1979).

IV.13.3. Innomé $(\text{Rh}, \text{Pd}, \text{Ni}, \text{Cu})_3\text{As}$

C'est une phase dont la taille est très petite. Vu sa composition chimique on peut dire qu'elle fait l'équivalent rhodifère de l'atheneite, $(\text{Pd}, \text{Hg})_3\text{As}$. Sa petite taille ne permet pas de donner plus de détail. Ce minéral est associé avec: tétraferroplatine, RhFe, tulameenite et PdCu_2 . Tout ce complexe se trouve au contact silicate interstitiel/chromite et appartient à l'échantillon 58A11 de l'indice de Bregu i Bibës.

Les deux analyses effectuées dans deux différents endroits ne montrent pas la même composition chimique. Il y en a une qui est plus riche en Te, Fe, et Ni et moins riche en Pd que l'autre (Tab. II-13).

D. SULFOARSENIURES.

IV.14. Système Rh-As-S

IV.14.1. Hollingworthite, RhAsS

La hollingworthite est un minéral d'une formule idéale RhAsS. Sa formule générale peut s'écrire $(\text{Rh,Ru,Pt,Ir})(\text{AsS})_2$. Pour la première fois elle est définie par Stumpfl et Clark (1965) en Afrique du Sud. Plus tard, Genkin (1968), Genkin et al. (1986) l'ont étudiée en association avec des sulfures de Ni et Cu, Ruchlidge (1969) l'a décrite à Wernerdrake au Canada, Tarkian et al. (1975) l'ont étudiée dans la mine d'Overwacht en Afrique du Sud.

Les études récentes sont celles de: Rowell et Edgar (1986), Hudson et al. (1986), Hanniner et al. (1986), Distler et al. (1986), Tarkian et Prichard (1987), Stumpfl (1988), Augé (1988), Cabri et al. (1988), Nilson (1990),

L'année dernière nous avons eu deux études faites dans notre laboratoire: celle d'Ohenestetter et al. (1991) sur une hollingworthite zonée dans l'intrusion Two Duck Lake dans le massif complexe Coldwell à Ontario, et celle de Legendre et al. (1991) dans la zone Ouest Andriamena à Madagascar.

La hollingworthite est un minéral cubique d'une couleur gris-bleu. Son pouvoir réflecteur est de 49% à 52%. Elle ne présente ni bireflectance, ni pleochroïsme, ni anisotropie.

Dans le massif ultrabasique de Trovoja nous avons trouvé quatre grains de hollingworthite. L'un d'eux est isolé dans le contact silicate interstitiel-chromite (échantillon 69A7a). La hollingworthite en question a une taille qui fait $21,5 \times 8,5 \mu\text{m}$. Elle présente une forme arrondie, voir ellipsoïdale. Les trois autres grains se trouvent eux aussi aux contacts silicate interstitiel/chromite mais sont accompagnées avec d'autres MGP. Ce sont les associations déjà citées :

- association sperrylite-anduoïte-cuprorhodsitite-hollingworthite : éch. 33A2;
- association tulameenite-hollingworthite : échantillon 69A8;
- association tulameenite-isoferroplatine-hollingworthite : échantil. 58A12b.

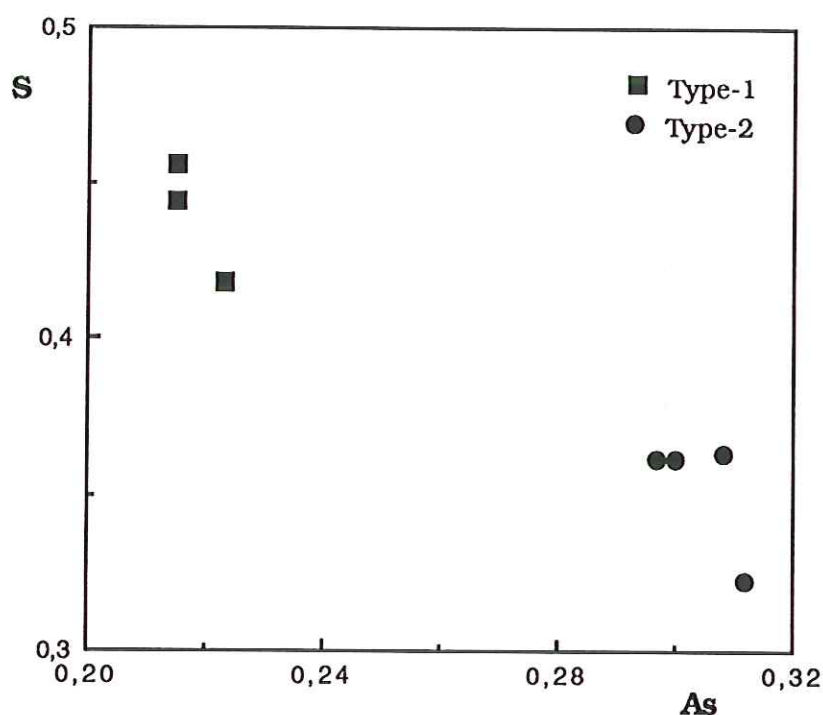


FIGURE III.57. -Deux types de hollingworthite, le premier riche en S, le deuxième riche en As. Bonne corrélation négative entre le soufre et l'arsenic.

Mise à part le grain de l'échantillon 69A8 qui se présente automorphe, rectangulaire, les autres grains présentent des formes irrégulières.

Chimiquement on distingue quatre types de hollingworthite :

Un premier type où le Rh, S et As sont les éléments majeurs et tous les autres éléments sont mineurs. La formule structurale représentative de ce type est $(\text{Rh}_{0,97}\text{Pt}_{0,02}\text{Ru}_{0,02}\text{Ir}_{0,01})(\text{S}_{1,08}\text{As}_{0,9})$.

Un deuxième type à la fois riche en Ir, Ru et Os, où une bonne partie d'As est substituée par le S. La formule structurale représentative de ce deuxième type est $(\text{Rh}_{0,66}\text{Ru}_{0,14}\text{Ir}_{0,11}\text{Os}_{0,07}\text{Pt}_{0,03}\text{Cu}_{0,01})(\text{S}_{1,33}\text{As}_{0,65})$.

Un troisième type très riche en Ir dont la formule structurale représentative est $(\text{Rh}_{0,5}\text{Ir}_{0,4}\text{Pt}_{0,02}\text{Os}_{0,02}\text{Cu}_{0,02}\text{Ru}_{0,02})(\text{S}_{1,09}\text{As}_{0,92})$.

Le quatrième type est à la fois riche en Ir, Pd et Ni. La formule structurale de ce type est $(\text{Rh}_{0,72}\text{Ir}_{0,13}\text{Ni}_{0,09}\text{Pd}_{0,08}\text{Pt}_{0,04}\text{Os}_{0,02}\text{Ru}_{0,01}\text{Cu}_{0,01})(\text{S}_{0,97}\text{As}_{0,94})$.

Projetées sur les diagrammes triangulaires Rh-Pt-Ir, Rh-(Pt+Ir)-(Ru+Os) et Os-Ir-(Pt+Rh) (Fig. III.58.) toutes les analyses tombent dans le

domaine hollingworthite.

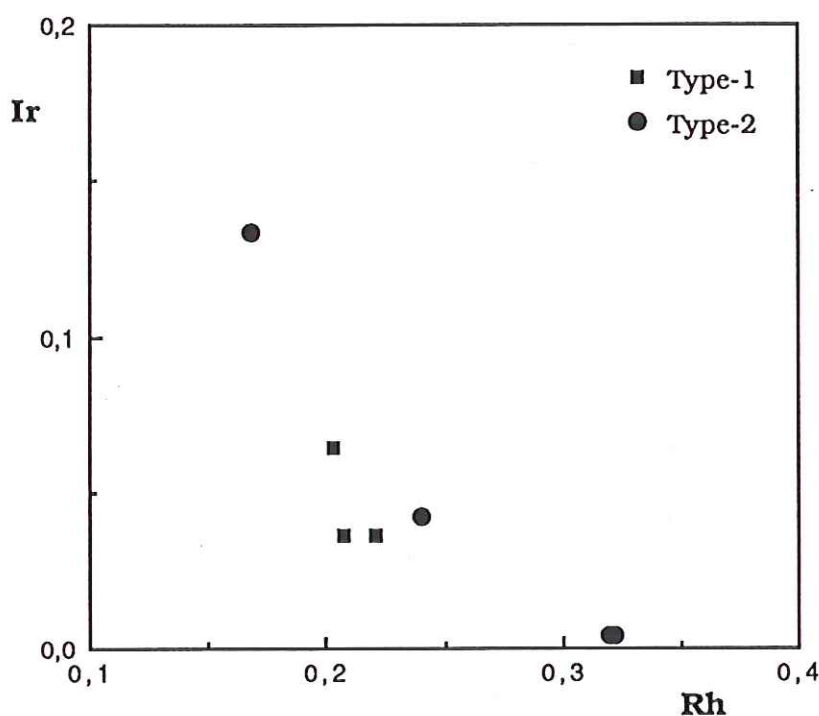


FIGURE III.57. -Deux types de hollingworthite dans le massif de Tropoja. Correlation négative entre le Rh et l'Ir pour le deuxième type.

Les hollingworthites des échantillons 33A2 et 69A7a, type 1, 3, 4, ressemblent à la hollingworthite-1 et celles des échantillons 69A8 et 58A12b, type 2, ressemble à la hollingworthite-2 décrites par Ohnenstetter et al. (1991).

Dans le diagramme binaire S-As et on distingue les deux groupes respectifs tandis que dans le deuxième diagramme Rh-Ir on observe une corrélation négative pour tous les types ensembles.

IV.14.2. Innomé $(\text{Rh}, \text{Ru}, \text{Cu}, \text{Ir}, \text{Os})_2\text{S}_2\text{As}$

C'est une nouvelle espèce rencontrée dans l'échantillon 58A9. Elle est associée d'une isoferroplatine. Cette association se trouve dans un carrefour de fissures dans la chromite. Sa taille, est de $4 \times 2 \mu\text{m}$. Apparemment elle est beaucoup plus sombre que l'isoferroplatine. Sa petite taille ne permet pas

d'avoir plus de détail. L'analyse est bonne. La formule structurale est :

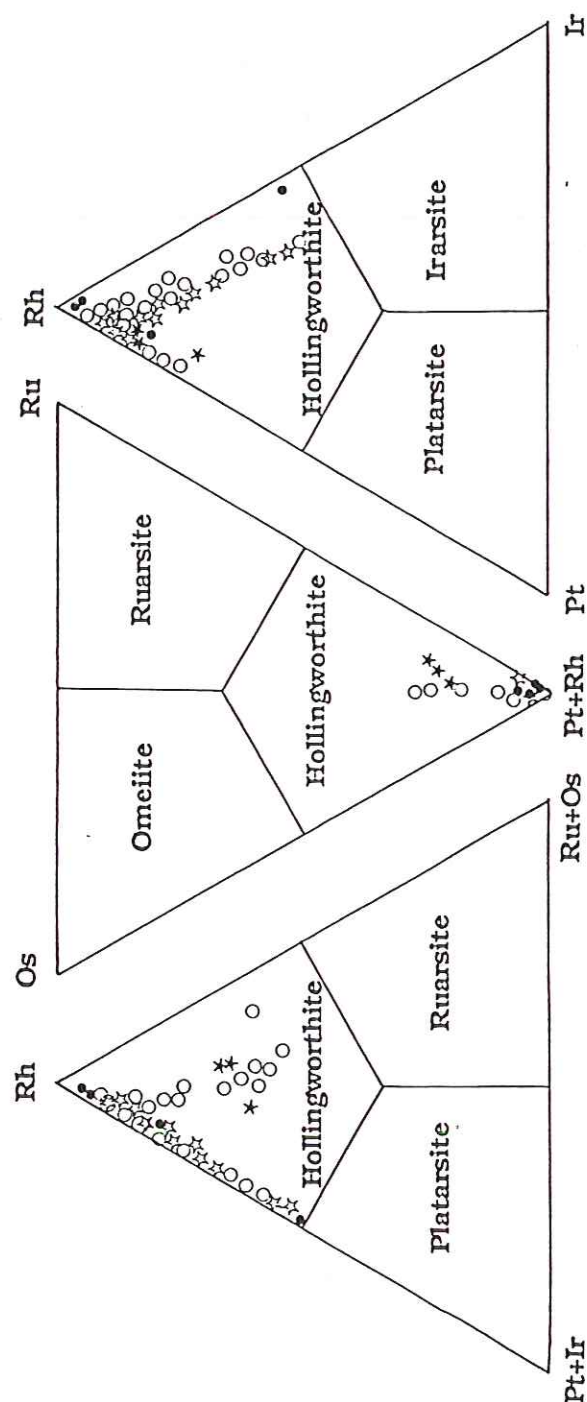
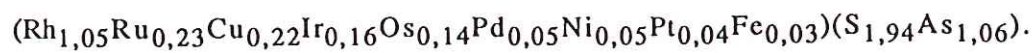
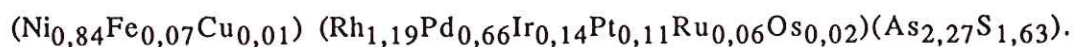


FIGURE III.58.-Diagrammes triangulaires Rh-(Pt+Ir)-(Ru+Os); Os-Ru-(Pt+Rh); Pt-Rh-Ir.

IV.14.3. Cuprorhodsité? Innomé $\text{Ni}(\text{RhPdIrPtRu})_2(\text{AsS})_4$

C'est un MGP de formule semblable à celle de la cuprorhodsité (CuRh_2S_4). La différence est que tout le cuivre est remplacé par le nickel, et plus de la moitié du soufre est remplacée par l'arsenic. Ce minéral est relativement riche en Pd. La formule structurale idéale de cette nouvelle espèce pourrait s'écrire $\text{NiRh}_2(\text{S,As})_4$. Sa formule exacte selon nos analyses est :



Ce minéral est observé une seule fois dans l'échantillon 33A2 (indice de Maje et Sukés). Il est associé à la sperrylite, à l'anduoïte et à la hollingworthite. Apparemment il est postérieur à la sperrylite. Son pouvoir réflecteur est plus faible que celui de la sperrylite.

E. TELLURURES

IV.15. Systèmes Rh-Te, Pd-Te.

IV.15.1. Innomé RhTe

C'est une autre nouvelle phase dans cette étude. Cette phase est observée une seule fois dans association complexe de l'échantillon 58A11 déjà citée. Sa taille est de l'ordre de $6 \times 4 \mu\text{m}$. Elle est entourée par des arsénures de rhodium. Apparemment son pouvoir réflecteur est plus élevé que celui des arsénures qui l'entourent.

Chimiquement, mise à part le tellure et le rhodium, on note la présence de mercure, de palladium, de cuivre et de platine. La quantité en tellure augmente avec celle en rhodium et la diminution des teneurs en palladium et cuivre (Fig. II.59., Tab. II-13).

La formule structurale pour le cas des valeurs maximales en tellure et rhodium est $(\text{Rh}_{0,77}\text{Cu}_{0,11}\text{Pd}_{0,09}\text{Hg}_{0,02}\text{Pt}_{0,01})(\text{Te}_{0,99}\text{Sb}_{0,01})$.

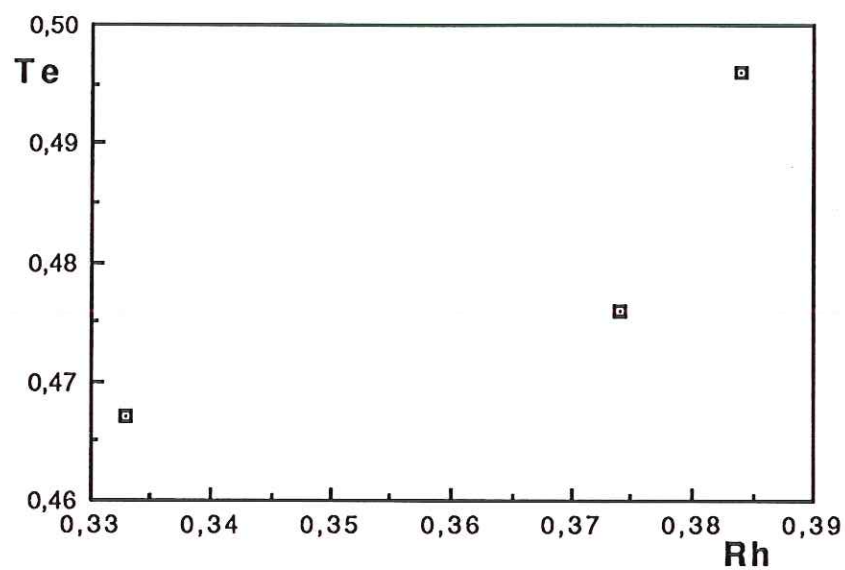


FIGURE III.59. -Corrélation positive entre le rhodium et le tellure du minéral inconnu RhTe, exprimés en % atomique

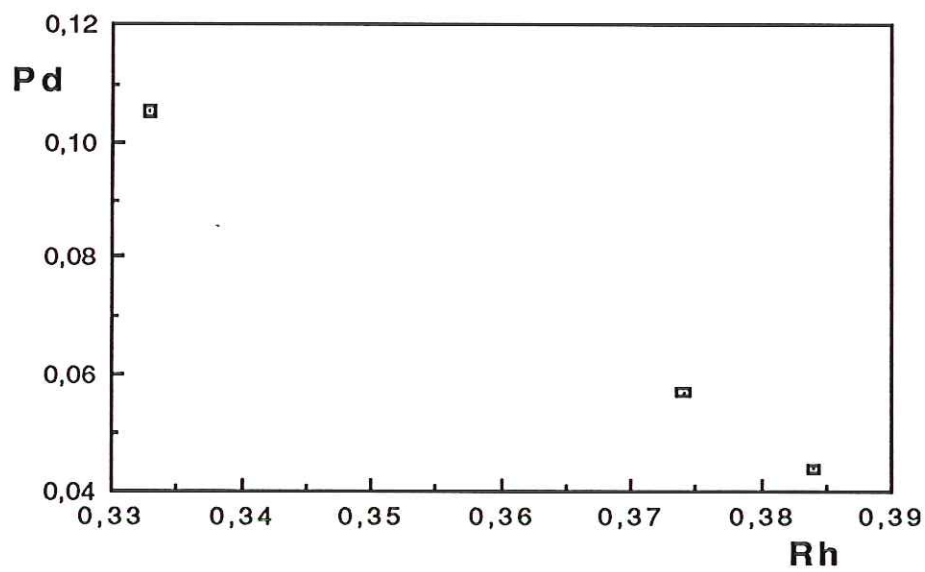


FIGURE III.60. -Corrélation négative entre le rhodium et le palladium du minéral inconnu RhTe, exprimés en % atomique

IV.15.2. Keithconnite, Pd_3Te

C'est le deuxième tellurure observé dont la formule idéale est Pd_{3-x}Te . Cabri (1981) montre que sa formule générale est $\text{Pd}_{3-x}(\text{Te},\text{Sn},\text{Sb})$, ce qui n'est pas le cas ici.

Le keithconnite ressemble beaucoup au minéral synthétique $\text{Pd}_{20}\text{Te}_7$, Woepersnow et Schubert (1977), Kim et al. (1991).

C'est un minéral hexagonal d'une anisotropie modérée. Sa couleur est crème, crème foncée à grise. La birefléctance et le pléochroïsme ne sont pas détectés.

Rencontré une seule fois au cours de cette étude, elle est associée de Pd_2Cu et de PdCu_2 (échantillon 69A7b indice de Bregu i Bibès). Sa taille fait $7 \times 5,5 \mu\text{m}$. Elle présente une forme plus au moins régulière, rectangulaire. Elle est située au contact silicate interstitiel/chromite.

Chimiquement on peut dire que les deux radicaux, palladium et tellure, sont purs. La formule structurale typique est: $(\text{Pd}_{2,93}\text{Fe}_{0,02}\text{Cu}_{0,01})\text{Te}_{1,04}$.

F. SULFURES DE METAUX DE BASE, SMB.

IV.16. Système Ni-S

IV.16.1. Millerite, NiS

La millerite est un minéral rhomboédrique d'une couleur jaune claire avec pléochroïsme net allant du jaune clair au brun-jaune pâle. Sa couleur est plus jaune que la pyrite et moins jaune que la chalcoppyrite. Elle présente un bon polissage et un pouvoir réflecteur élevé, de l'ordre de celui de la pyrite. Son anisotropie est très forte.

La millerite est, avec la pentlandite, le sulfure lié à la chromite le plus caractéristique dans la massif ophiolitique de Trovoja. Elle est présente aussi bien dans les chromites mantelliques que dans celles cumulatives. Outre les millerites observées au microscope optique, des millerites ont été analysées dans les échantillons 139A, de l'indice de Çabrat-4, 142A, de l'indice de Çabrat-1, 155A et 157A de l'indice de Shpati i Dajçit, 153A de l'indice de Leniq, 134A de l'indice de

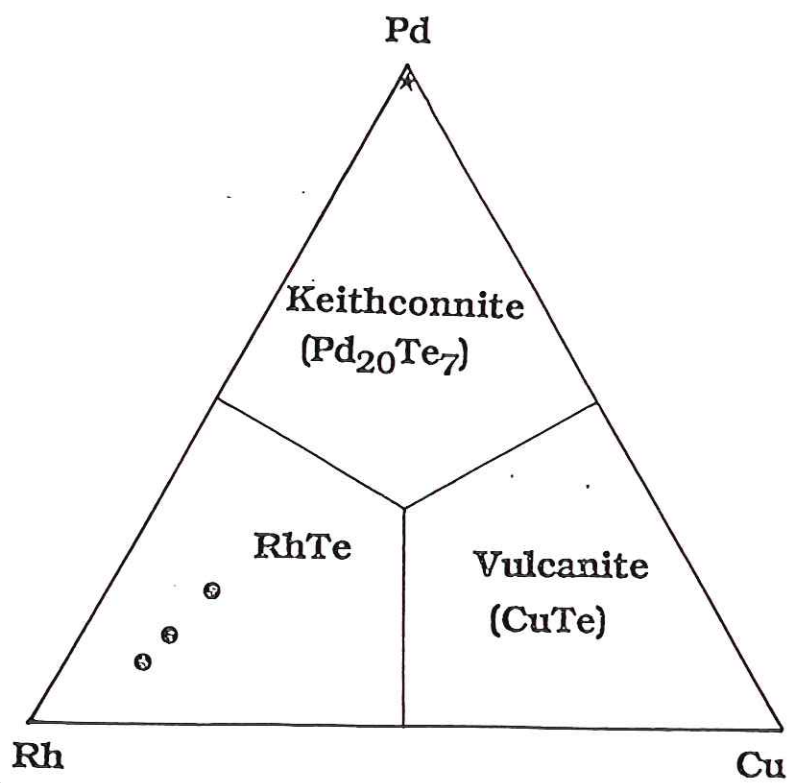
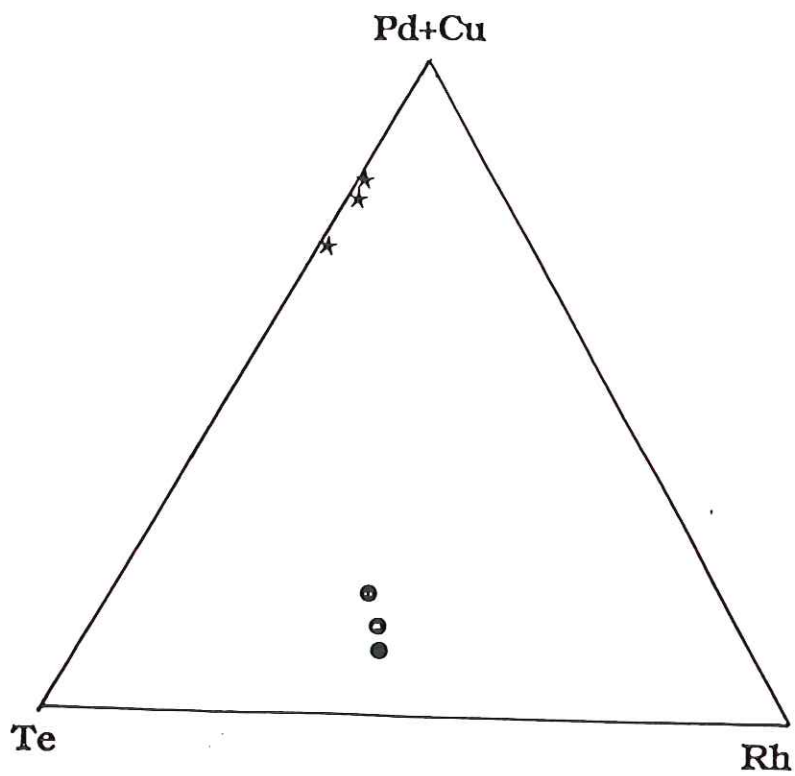


FIGURE III.61. -Diagrammes triangulaires (Pd+Cu)-Te-Rh et Rh-Pd-Cu.

Kepenek-7 et 59A de l'indice de Bregu i Bibës.

Elle se trouve incluse dans la chromite, dans les silicates interstitiels et au contact silicate/chromite. Dans la plupart des cas elle est isolée, échantillons 59A1, 169A3 et 134A5, mais elle se trouve aussi associée avec de la pentlandite, échantillon 139A11, avec un alliage de Pt-Fe dans l'échantillon 142A2 et avec du platine natif (MEB) dans l'échantillon 134A5. Elle présente des formes irrégulières de taille variable.

Chimiquement, le pôle Ni devrait être pur mais dans certains cas on observe dans ce pôle la présence du fer, échantillons 139A11 et 142A1,2.

A noter que la millerite de l'échantillon 155A1 contient plus de 3% pds de rhodium. Au centre de cette phase se trouve une autre phase, que nous avons appelé millerite mais elle est peut être apparentée à une gersdorffite, qui est riche en rhodium et en fer et cobalt. On observe un remplacement important de S par l'As (Tab. II-14). Le pouvoir réflecteur de cette phase est plus élevé que celui de la millerite qui l'entoure. On note aussi le fort enrichissement en iridium de la millerite de l'échantillon 169/3. On peut l'appeler millerite iridifère.

Pour Ramdohr (1969) la millerite est un produit hydrothermal de la pentlandite.

IV.16.2. Heazlewoodite, Ni_3S_2

La heazlewoodite est un minéral rhomboédrique de couleur jaune claire, un peu moins jaune que la millerite, et d'un pléochroïsme faible. Elle présente une anisotropie assez forte. Son pouvoir réflecteur est élevé de l'ordre de celui de la pyrite ou de la millerite. La heazlewoodite est nettement magnétique. Dans la nature elle est associée à la pentlandite, millerite, bravoïte, chromite, magnétite, awaruite, vallerite etc...

La heazlewoodite a été décrite par Chamberlain (1966), accompagnée d'une magnétite et d'une awaruite, à l'Eastern Tonships Québec, par Gauthier et al.(1990), accompagnée de magnétite et serpentine dans les chromitites platinifères des complexes ophiolitique de l'Estrie-Beauce, Appalaches du Sud du Québec, par Corrivaux et al. (1990) dans les ophiolites de Theford Mines au Québec et par Karaj (1992) dans le massif ophiolitique de Bulqiza en Albanie.

Nous avons analysé deux grains de heazlewoodite : échantillons 157A5 et 158A5. Le premier étant associé à une serpentine et à un cuivre natif (Photo 7

Planche II-6) est riche à la fois en platine et rhodium. Le deuxième est isolé et comme le premier est inclus dans la chromite.

La heazlewoodite de l'échantillon 157A5 fait deux plages de $9 \times 3 \mu\text{m}$.

En ce qui concerne la composition chimique on retient plutôt l'analyse 38 (tab) et non celle 36 parce que elle est très riche en cuivre et plus au moins en platine et rhodium, enrichissement qui provient, à notre avis, de la phase qui l'entoure. La heazlewoodite de l'échantillon 158A5 est enrichie en fer (Tab. II-14).

La heazlewoodite et l'awaruite comme une partie des alliages et des arséniures de EGP sont d'origine secondaire, Chamberlain (1966), Stockman et Hlava (1984), Prichard et al. (1986), Nilson (1989) et Corrivaux et al. (1990). La formation de ces phase minérales reste liée à la serpentinisation. Ils sont xénomorphes et englobés par de la magnétite secondaire ou de la serpentine.

IV.17. Système Fe-Ni-S

IV.17.1. Pentlandite, $(\text{Fe,Ni})_9\text{S}_8$

La pentlandite est un minéral cubique, isotrope d'une formule idéale $(\text{Fe,Ni})_9\text{S}_8$. Sa formule générale est $(\text{Fe,Ni,Co})_9\text{S}_8$. Sa couleur est plus crème et moins jaunâtre que celle de la pyrite. Son pouvoir réflecteur est légèrement inférieur à celui de la pyrite et plus élevé dans les variétés cobaltifères. Le minéral présente un clivage octaédrique caractéristique très net. Sa formule a été précisée par Lindqvist et al. (1936).

Apparemment la pentlandite est le sulfure le plus répandu dans les chromitites du massif de Tropoja.

En tant que sulfure liés aux chromites, la pentlandite a été décrite par plusieurs auteurs et dans plusieurs massif ophiolitiques. Entre autres on citerait les travaux d'Augé (1985, 1987) dans les massifs de Vourinos, Semail et Tiébaghi, de Corrivaux et al. (1990) dans les ophiolites de Thetford Mines au Québec, de Karaj (1992) dans le massif ophiolitique de Bulqiza en Albanie etc...

Dans le massif de Tropoja, l'étude en détail des SMB n'a pas été notre but parce que la minéralisation platinifère n'est pratiquement pas liée avec eux mais nous en avons analysé quelques un pour vérifier la présence des EGP.

Ces pentlandites peuvent être interstitielles par rapport à la chromite,

incluses dans la chromite ou dans les silicates interstitiels.

La morphologie de la pentlandite est très irrégulière et sa taille très petite.

Toutes les pentlandites analysées, surtout dans le manteau, sont isolées.

Chimiquement on distingue trois types de pentlandite. Un premier type où le fer et le nickel sont en même quantité (échantillon 139A1,2,5) un deuxième où le nickel domine le fer (échantillon 142A1) et un troisième type où une bonne partie de fer est remplacée par le cuivre et le nickel fait plus que la somme (Cu+Fe) (échantillons 139A11 et 153A1). Ce dernier type on peut l'appeler chalcopentlandite. La chalcopentlandite a été décrite par Pauly (1958). Il note que la chalcopentlandite est un mélange de pentlandite avec 10-15% de chalcopyrite. Sa formation se fait en 850°C tandis que sa décomposition à l'environ 600°C.

Ces pentlandites ne sont pas du tout riches en E.G.P. Leur quantité maximale est celle du palladium dans l'échantillon 139A11 où il fait à peu près 0,3% pds.

Pour montrer la différence entre ces trois types de pentlandite on va citer les trois formules structurales représentatives de ces trois types qui sont les suivantes :

- Type 1, échantillon 139A5 ($\text{Ni}_{4,46}\text{Fe}_{4,46}\text{Co}_{0,07}\text{Pt}_{0,01}$)($\text{S}_{7,99}\text{As}_{0,01}$);
- Type 2, échantillon 142A1 ($\text{Ni}_{6,38}\text{Fe}_{2,52}\text{Co}_{0,02}\text{Pd}_{0,01}$)($\text{S}_{8,06}\text{Te}_{0,01}$);
- Type 3, échantil. 153A1 ($\text{Ni}_{5,29}\text{Fe}_{2,38}\text{Cu}_{1,32}\text{Co}_{0,05}\text{Rh}_{0,02}$)($\text{S}_{7,99}\text{Sb}_{0,01}\text{Te}_{0,01}$).

Le diagramme (fig..) exprime une parfaite corrélation entre le nickel et la somme (Fe+Cu). Le diagramme en question distingue aussi les trois types de pentlandite.

IV.18. Système Fe-Cu-S

IV.18.1 Chalcopyrite, CuFeS_2

C'est un minéral quadratique de formule idéale CuFeS_2 . Sa couleur est jaune foncé. Elle ne présente pas de pléochroïsme mais elle est faiblement anisotrope.

La présence de la chalcopyrite dans les chromitites a été citée par Corrivaux et al. (1990) dans les chromitites de Thetford Mines, Québec, par Augé (1985, 1987) dans les chromitites des massifs ophiolitiques de Semail, Al Ays, Tiébaghi et Vourinos, par Karaj (1992) dans le massif ophiolitique de Bulqiza en Albanie.

La chalcopyrite est aussi présente dans le massif ophiolitique de Tropoja.

Deux grains de chalcopryrite ont été analysés au cours de notre étude sur les MGP. Le premier appartient à l'échantillon 157A11 et est accompagné d'une bornite et d'une hollingworthite tandis que le deuxième appartient à l'échantillon 157A1 et est accompagné d'une bornite et d'un sulfure de Pt,Fe,Cu (donnée MEB). Ces deux grains proviennent de l'échantillon 157A, indice de Shpati i Dajçit.

Leur taille est assez petite, $2 \times 2 \mu\text{m}$ pour l'échantillon 157A11 et $10 \times 8 \mu\text{m}$ pour l'échantillon 157A1.

Chimiquement on observe un excès en cuivre en détriment du fer. La chalcopryrite de l'échantillon 157A1 contient 1,16% pds platine.

IV.18.2. Bornite, Cu_5FeS_4

La bornite est aussi un minéral quadratique. Elle présente une forme cubique de haute température. Elle est faiblement anisotrope. Sa couleur au microscope est brun rose devenant assez rapidement violet. Son pouvoir réflecteur est assez faible.

Apparemment, la bornite est un minéral assez rare dans les chromitites. Elle a été observée dans le massif ophiolitique de Bulqiza en Albanie (Karaj 1992) mais non associée aux MGP.

Dans le massif de Tropoja deux grains ont été analysés à la sonde. Comme la chalcopryrite, ils appartiennent à l'échantillon 157A de l'indice Shpati i Dajçit. Les associations sont celles citées ci-dessus. Leur taille est $6 \times 1,5 \mu\text{m}$, échantillon 157A11 et $12 \times 5,5 \mu\text{m}$, échantillon 157A1.

Chimiquement, on peut dire que les deux pôles, Fe et Ni, sont pratiquement purs.

G. ASSOCIATIONS DES MGP.

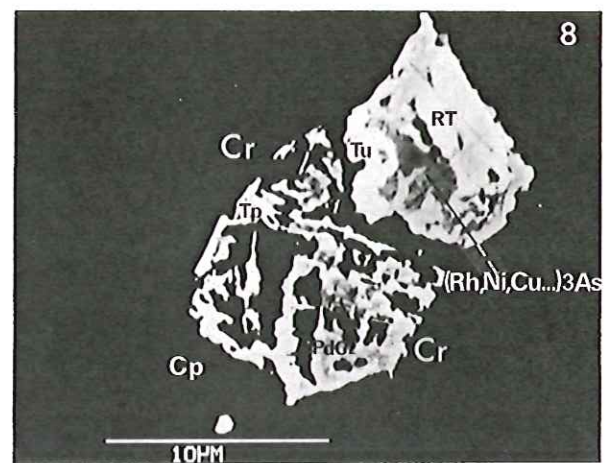
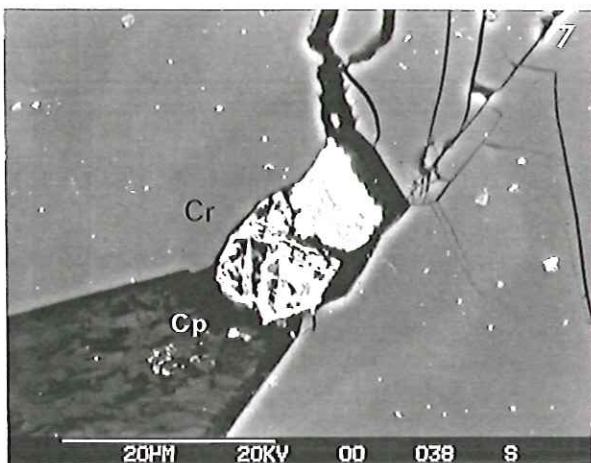
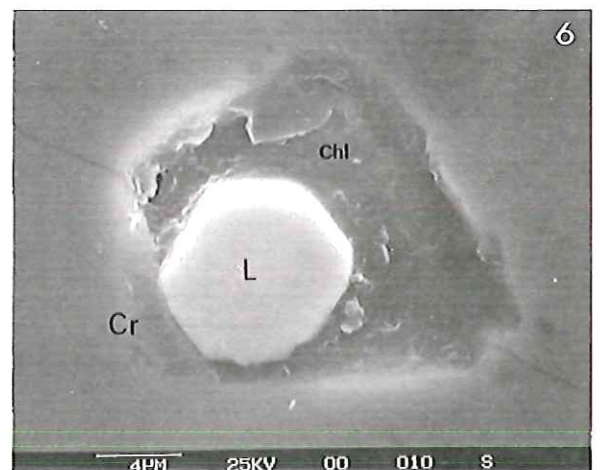
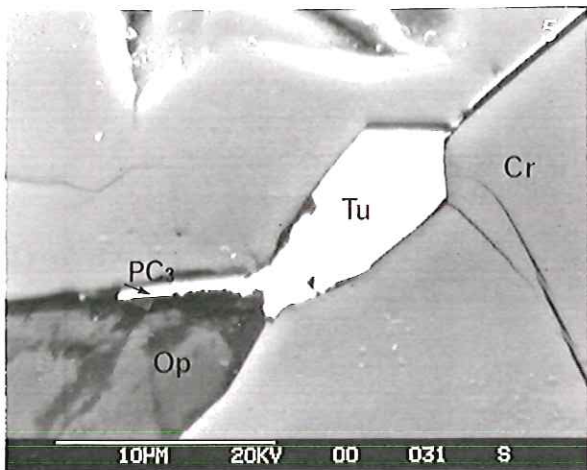
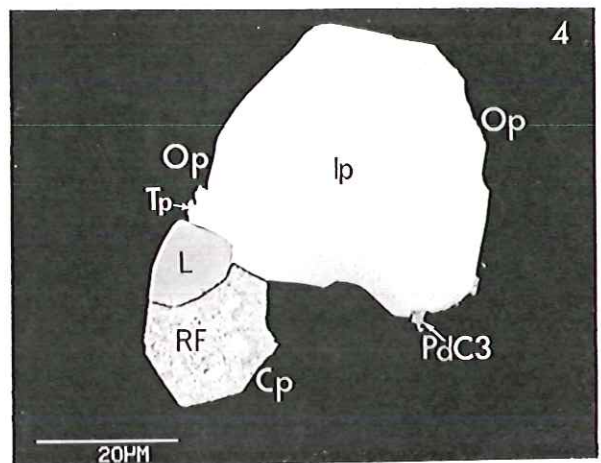
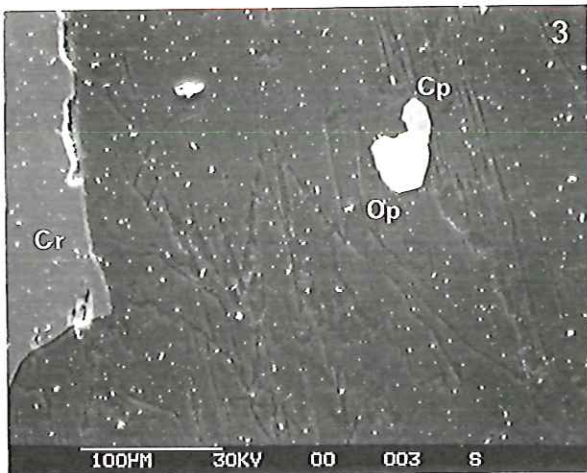
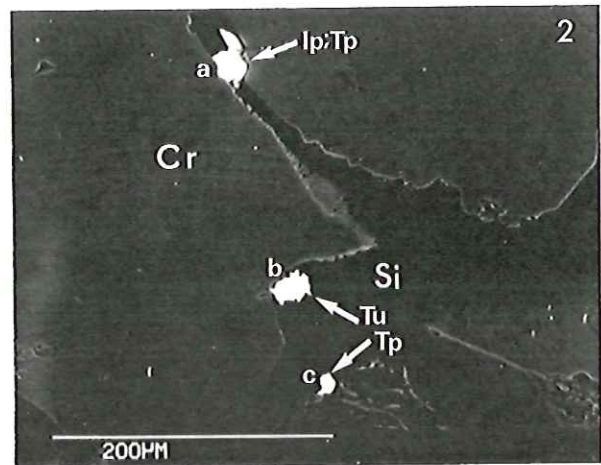
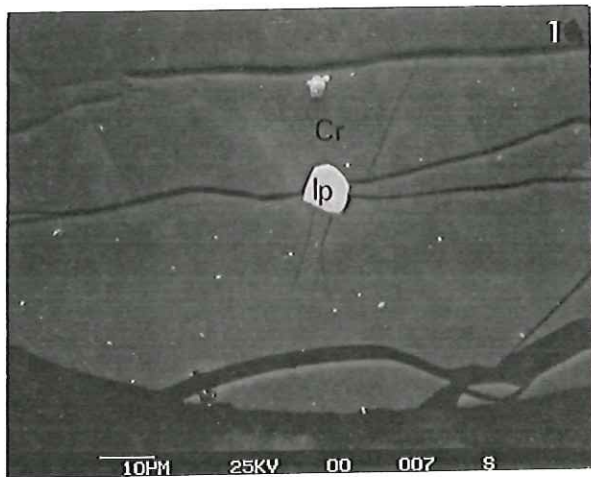
IV.19. Différentes associations.

Dans la majorité des cas, dans les niveaux enrichis en EGP, les MGP sont inclus dans la chromite, d'où l'association MGP-chromite. Mais il arrive qu'ils soient associés à d'autres phases en présentant les associations: MGP-silicates, MGP-Sulfures de métaux de bases (SMB) ou MGP-MGP. Souvent ces associations ne sont pas si simples. Elles deviennent complexes tel que les cas intermédiaire: MGP-SMB-chromite, MGP-chromite-silicate, MGP-SMB-chromite-

PLANCHE II-1

- Photo 1 - Isoferroplatine (Ip), $(Pt_{2,7}Rh_{0,18}Pd_{0,04}Ru_{0,02}Ir_{0,01})_{2,95}(Fe_{0,96}Cu_{0,07}Ni_{0,02})_{1,05}$, inclu dans une chromite (Cr) elle même fissurée. Noter l'interruption des fissures au contact avec l'isoferroplatine. Photo prise dans l'échantillon B5/3, indice de Bregu i Bibès.
- Photo 2 - Trois platinoïdes interstitiels par rapport à la chromite : a) association isoferroplatine (Ip)-tetraferroplatine (Tp) (voir détail photo 2 Planche II-3); b) tulameenite (Tu) (voir détail photo 5 Planche II-2) et c) tetraferroplatine (Tp) (voir détail photo 4 Planche II-4). Echantillon 92A5, indice de Bregu i Bibès.
- Photo 3 - Grain complexe de M.G.P. inclu dans les silicates interstiels, au contact clinopyroxène (Cp)-orthopyroxène (Op) plus exactement (voir détail photo 4 même planche). Echantillon M78/5, indice de Bregu i Bibès.
- Photo 4 - Détail de la photo précédente. Le grain complexe est composé : d'isoferroplatine (Ip), $(Pt_{2,77}Pd_{0,11}Rh_{0,03}Os_{0,01}Ir_{0,01})_{2,93}(Fe_{0,97}Cu_{0,08}Ni_{0,06})_{1,07}$; de RhFe (RF), $(Rh_{0,36}Pt_{0,32}Os_{0,06}Ir_{0,06}Pd_{0,05})_{0,85}(Fe_{0,63}Cu_{0,46}Ni_{0,02})_{1,15}$, de laurite (L), $(Ru_{0,6}Os_{0,29}Rh_{0,07}Ir_{0,01}Pt_{0,01}Cu_{0,01})_{0,99}(S_{1,99}As_{0,02})_{2,01}$; de tetraferroplatine (Tp), $(Pt_{0,88}Pd_{0,16}Os_{0,05}Rh_{0,01}Ir_{0,01})_{1,11}(Fe_{0,43}Ni_{0,29}Cu_{0,17})_{0,89}$ et de $PdCu_3$ (PdC3), $(Pd_{0,52}Pt_{0,28}Os_{0,33})_{1,13}(Cu_{2,78}Fe_{0,09}Ni_{0,01})_{2,88}$. La laurite, l'isoferroplatine et le RhFe sont en équilibre, le tetraferroplatine et le $PdCu_3$ sont tardifs.
- Photo 5 - Tulameenite (Tu), $(Pt_{1,94}Pd_{0,05}Rh_{0,02})_{2,01}(Fe_{0,99}Cu_{0,96}Ni_{0,03}Co_{0,01})_{1,99}$ interstitielle dans la chromite (Cr). A noter le prolongement de la tulameenite sous forme de $PtCu_3$ (PC3), $(Pt_{0,92}Pd_{0,05})_{0,97}(Cu_{2,72}Fe_{0,27}Ni_{0,04})_{3,03}$ vers le contact chromite (Cr)-orthopyroxène (Op). Echantillon 58A13, indice de Bregu i Bibès.
- Photo 6 - Laurite (L) automorphe hexagonale, $(Ru_{0,67}Os_{0,18}Ir_{0,09}Rh_{0,02}Cu_{0,01})_{0,99}S_{2,03}$, incluse dans une chromite (Cr) mantellique. Elle est associée à une chlorite (Chl) elle même automorphe. Echantillon 34A4, indice chromifère de Lajthizë.
- Photo 7 - Platinoïde complexe, interstitiel dans la chromite (Cr). Il est accompagné aussi d'un clinopyroxène (Cp) lui même interstitiel (voir détail photo 8 même planche). Echantillon 58A11, indice de Bregu i Bibès.
- Photo 8 - Détail de la photo 7. Le grain complexe est constitué de : tulameenite (Tu) $(Pt_{1,19}Pd_{0,79}Rh_{0,07}Ir_{0,01})_{2,06}(Cu_{1,09}Fe_{0,83}Ni_{0,01})_{1,94}$; tetraferroplatine (Tp), $(Pt_{0,64}Pd_{0,19}Rh_{0,14}Ir_{0,01})_{0,98}(Fe_{0,67}Cu_{0,35})_{1,02}$; $PdCu_2$ (PdC2), $(Pd_{0,46}Rh_{0,37}Pt_{0,19})_{1,02}$ $(Cu_{1,5}Fe_{0,48})_{1,98}$; RhTe (RT), $(Rh_{0,77}Cu_{0,11}Pd_{0,09}Hg_{0,02}Pt_{0,01})_{1,0}(Te_{0,99}Sb_{0,01})_{1,0}$ et d'un arsénium complexe $(Rh,Ni,Cu...)_{3S}$, $(Rh_{1,1}Ni_{1,01}Cu_{0,51}Pd_{0,32}Pt_{0,02})_{2,96}(As_{0,93}Te_{0,1}Sb_{0,01})_{1,04}$. Malgré la complexité des relations entre ces minéraux il semble que le tetraferroplatine et la tulameenite sont précoces tandis que les autres minéraux sont tardifs.

PLANCHE II-1



silicate etc...

Cette diversité tant dans la nature des MGP que dans leurs associations avec les sulfures ou les oxydes laisse supposer l'intervention de nombreux paramètres pour privilégier la formation d'un assemblage plutôt qu'un autre. Ces paramètres sont: la composition, et la teneur en eau du magma, la température, la fugacité en oxygène et en soufre, l'activité en arsénic, antimoine tellure etc...

IV.19.1. Association P.G.M.-chromite.

C'est la principale association faisant presque 100% des cas dans le manteau et la majorité des cas dans les cumulats.

Dans le manteau, l'association laurite-chromite est quasi-totale tandis que dans les cumulats l'association alliage (surtout isoferroplatine)-chromite est dominante suivie de l'association laurite-chromite.

En général, cette association conduit souvent à des gisements préférentiellement enrichis en platine et plus ou moins en rhodium tel le niveau minéralisé de l'indice de Bregu i Bibès.

Une chute de la fugacité en oxygène en déplaçant l'équilibre de la réaction: $3\text{Fe}(\text{alliage}) + 2\text{O}_2 = \text{Fe}_3\text{O}_4(\text{chromite})$ vers la gauche, provoquerait la précipitation d'alliage riche en platine (Pt_3Fe , Pt_2Fe , PtFe).

Les MGP de cette association sont antérieurs à la chromite.

IV.19.2. Association P.G.M.-silicates.

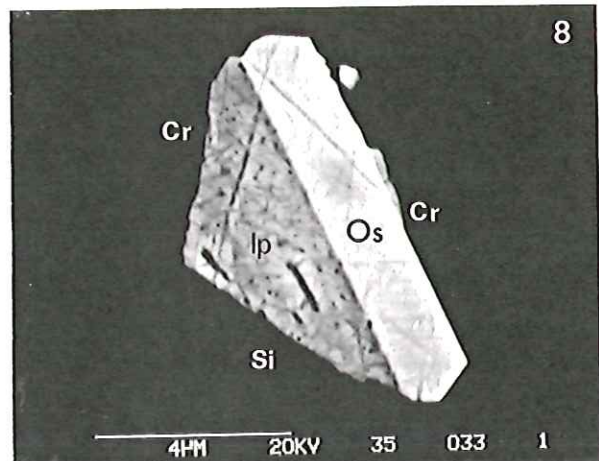
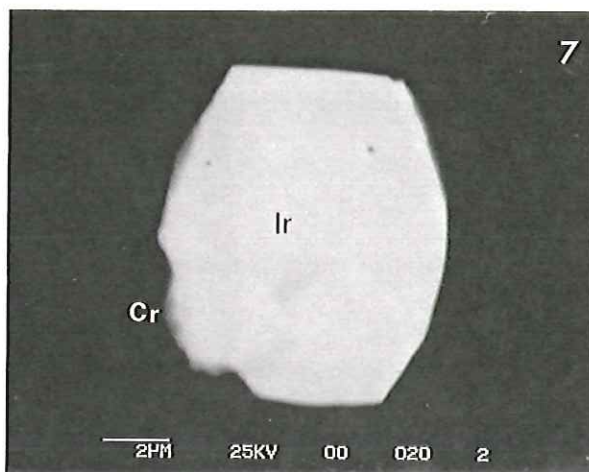
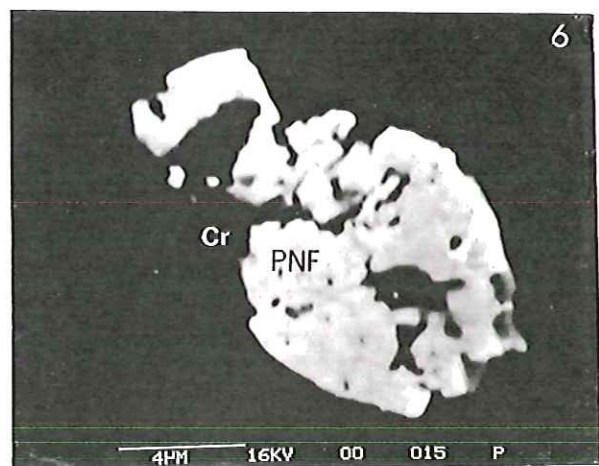
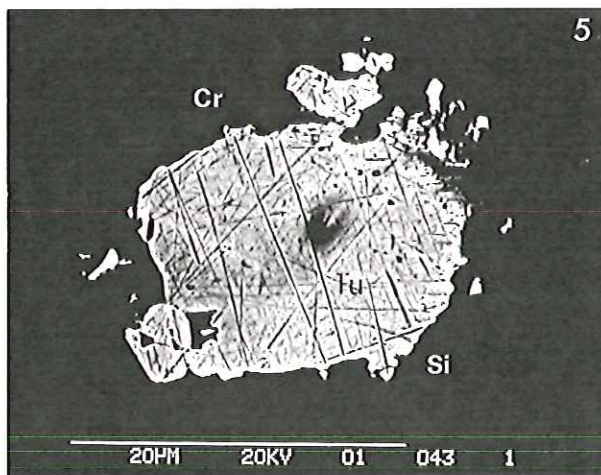
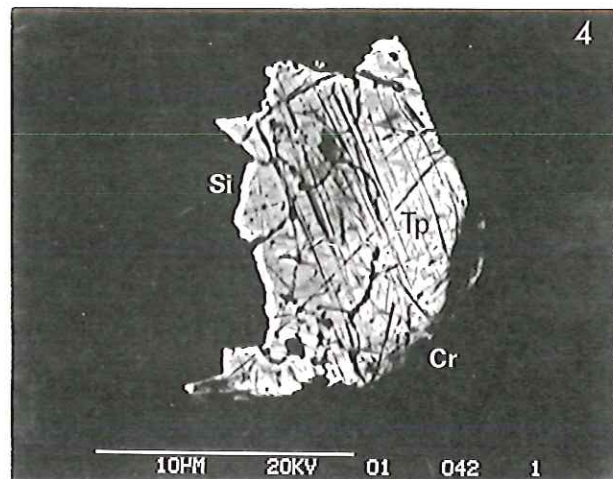
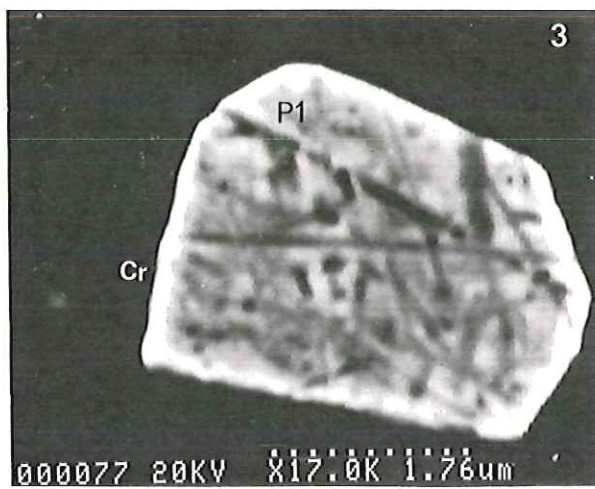
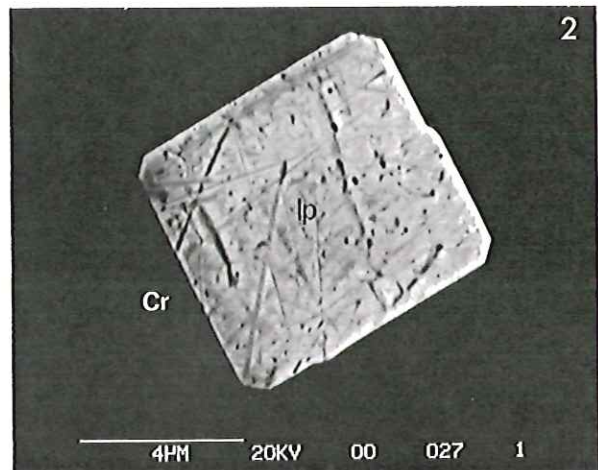
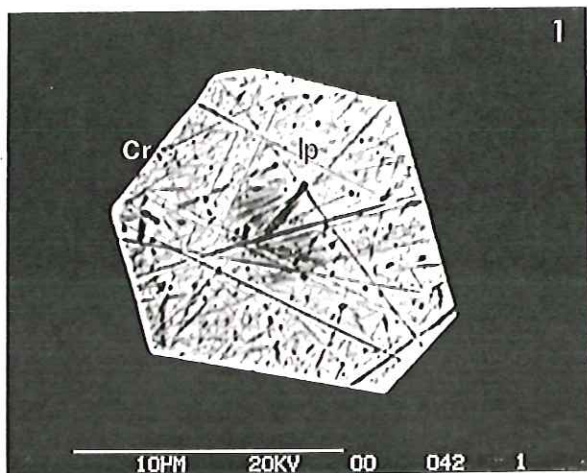
En général, cette association est complexe. Donc nous avons des associations du type MPG-MGP-silicate, MGP-silicate-chromite, MGP-MGP-silicate-chromite ou encore MGP-MGP-SMB-silicate-chromite. Toutes ces associations sont illustrées dans les planches photo qui accompagnent ce chapitre.

Pour trouver une association silicate-MGP il y a trois cas possibles: (1) l'association en question est soit incluse dans la chromite, dans ce cas le ou les MGP sont, en général, entourés en partie d'un silicate ou complètement englobés par le silicate, échantillon 84A1 (photo 2 planche II-6) (2) cette association se trouve dans le contact silicate interstitiels/chromite, là, en général, les grains

PLANCHE II-2

- Photo 1 - Isoferroplatine (Ip), $(Pt_{2,7}Rh_{0,19}Pd_{0,06}Ir_{0,05}Ru_{0,03}Os_{0,02})_{3,05}(Fe_{0,83}Cu_{0,1}Ni_{0,01}Co_{0,01})_{0,95}$, automorphe, hexagonale inclu dans la chromite (Cr) cumulative. Echantillon 58A1, indice de Bregu i Bibës.
- Photo 2 - Isoferroplatine (Ip), $(Pt_{2,74}Rh_{0,16}Pd_{0,06}Ir_{0,02}Ru_{0,01})_{2,99}(Fe_{0,94}Cu_{0,06}Ni_{0,01})_{1,01}$, automorphe tetragonale inclu dans la chromite (Cr). Echantillon 90A9, indice de Bregu i Bibës.
- Photo 3 - Pt_2Fe (P1), $(Pt_{2,03}Pd_{0,04}Rh_{0,02})_{2,09}(Fe_{0,75}Cu_{0,1}Ni_{0,06})_{0,91}$, automorphe inclu dans la chromite (Cr). Echantillon 157A13, indice de Shpati i Dajçit.
- Photo 4 - Détail de la photo 2 Planche II-1, grain c : tetraferroplatine (Tp), $(Pt_{0,99}Pd_{0,03}Rh_{0,01})_{1,03}Fe_{0,6}Cu_{0,28}Ni_{0,09})_{0,97}$, interstitiel dans la chromite (Cr) cumulative. A noter sa forme irrégulière.
- Photo 5 - Détail du grain b de la photo 2 Planche II-1 : tulameenite (Tu), $(Pt_{1,96}Pd_{0,03}Rh_{0,02}Ir_{0,02})_{2,02}(Fe_{0,96}Cu_{0,88}Ni_{0,14})_{1,98}$, interstitielle par rapport à la chromite (Cr) cumulative. Sa forme est sub-automorphe.
- Photo 6 - Nouvelle espèce, $PtNi_2Fe$ (PNF), $(Pt_{1,04}Pd_{0,04}Rh_{0,04}Ir_{0,02})_{1,13}(Ni_{1,84}Fe_{0,95}Cu_{0,07}Co_{0,01})_{2,87}$, incluse dans la chromite. Echantillon 96A2, indice de Bregu i Bibës.
- Photo 7 - Inclusion d'Iridium (Ir), $(Ir_{0,65}Os_{0,27}Ru_{0,03}Cu_{0,02}Pt_{0,02}Rh_{0,01})_{1,0}$, dans la chromite (Cr) cumulative. Echantillon C90/8, indice de Vrith, massif ophiolitique de Tërbunl, ceinture occidentale.
- Photo 8 - Association : isoferroplatine (Ip), $(Pt_{2,65}Rh_{0,09}Ir_{0,07}Pd_{0,01}Ru_{0,01})_{2,83}(Fe_{1,03}Ni_{0,08}Cu_{0,05}Co_{0,01})_{1,17}$; osmium (Os), $(Os_{0,33}Ir_{0,24}Pt_{0,19}Ru_{0,1}Fe_{0,1}Rh_{0,02}Cu_{0,02})_{1,0}$, inclus dans une chromite (Cr) cumulative et associés à un silicate (Si). Les deux minéraux sont automorphe. La photo montre clairement la formation de l'osmium en premier. Echantillon 35A5, indice de Bregu i Bibës.

PLANCHE II-2



sont complexes et (3) les grains de MGP se trouvent dans les silicates interstitiels (échantillons M78/5 et 46A8).

Vu leur position, dans le cas (2) et surtout (3), et leur composition chimique on peut dire que ces MGP sont postérieurs à la chromite.

Les silicates qui accompagnent les MGP inclus dans la chromite sont en l'général automorphes. L'origine de ces silicates demeure un peu obscure. Le MGP a pu jouer le rôle du germe pour le cristal automorphe de silicate. Donc, le silicate en question présente, en quelques sorte, une croissance épitaxiale sur le MGP. Des telles croissance MGP sur un autre MGP sont assez fréquentes.

Plus tard, cet ensemble MGP-silicate a été englobé par la chromite. Des inclusions de silicates automorphes dans la chromite sont fréquentes. Il reste à vérifier, ce qui va être fait plus tard, si il y a une différence de composition chimique entre les silicates accompagnants des MGP et ceux monophasés dans la chromite.

L'aspect en creux de ces silicates est lié à leur dureté qui est plus faible que celle de la chromite et des MGP.

Ces silicates sont des orthopyroxènes, des clinopyroxènes, des serpentines, des chlorites et des amphiboles.

IV.19.3. Association MGP-SMB.

Cette association n'est pas fréquente dans le massif de Tropoja. Quand elle existe, elle est associée soit aux silicates et à la chromite (échantillons M78/14 et 157A1) soit à la chromite toute seule (échantillons 1345, 142A2 et 157A11). Dans l'association on trouve soit un seul MGP (échantillons 157A, 134A5, 142A2) soit deux MGP, échantillons M78/14 ($\text{PtCu}_3\text{-CuPtRhS}_4$), et 157A11 (deux sulfures de platine).

Quand il y a un seul MGP sa taille est trop petite, elle ne dépasse pas $1\text{ }\mu\text{m}$.

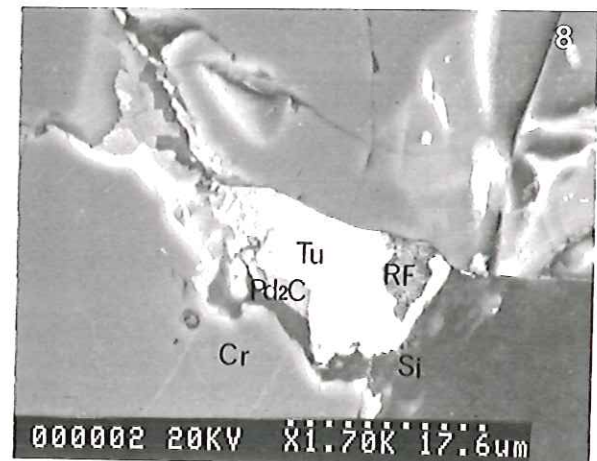
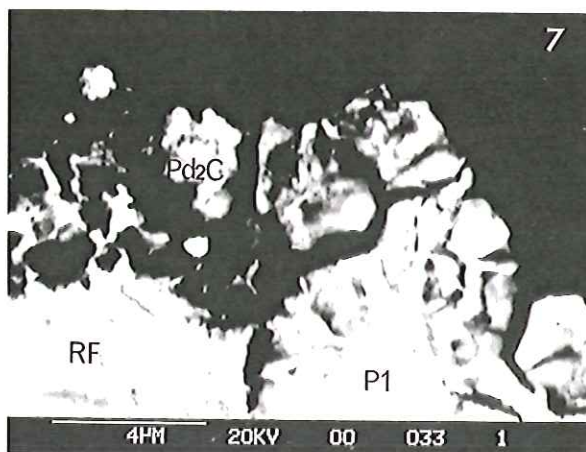
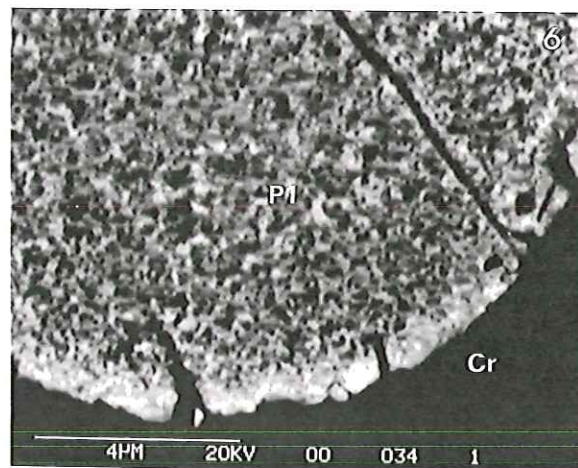
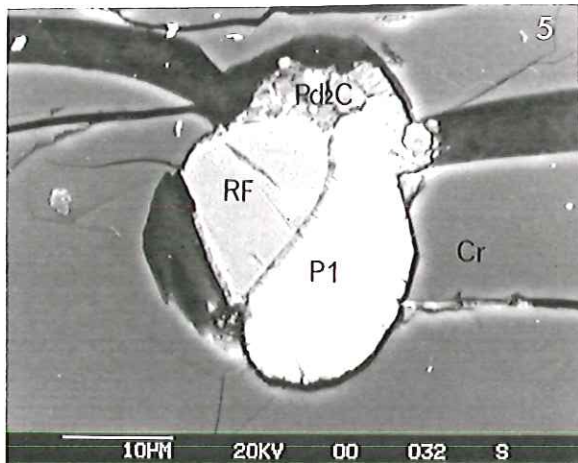
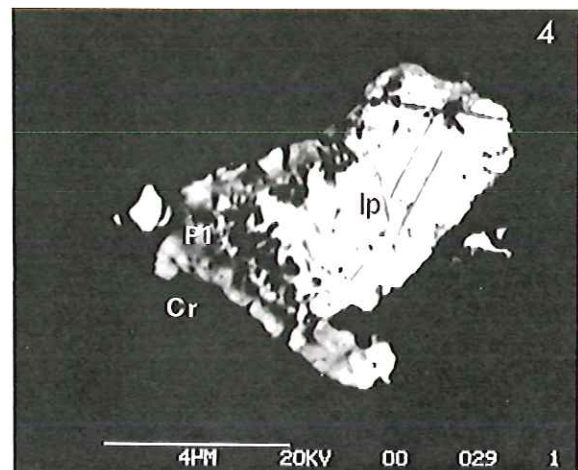
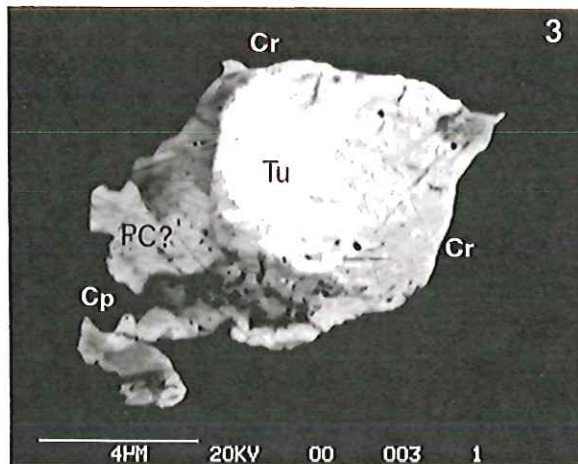
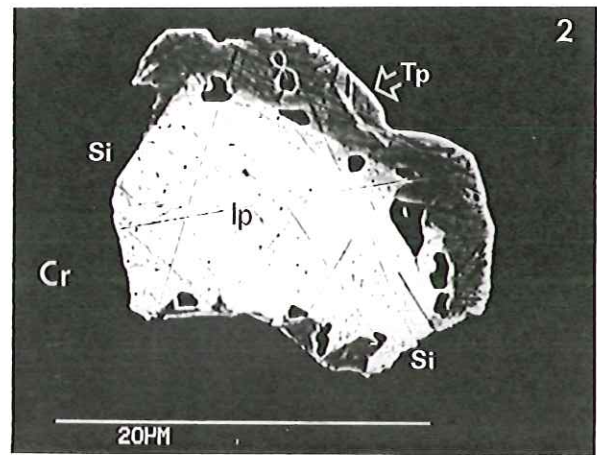
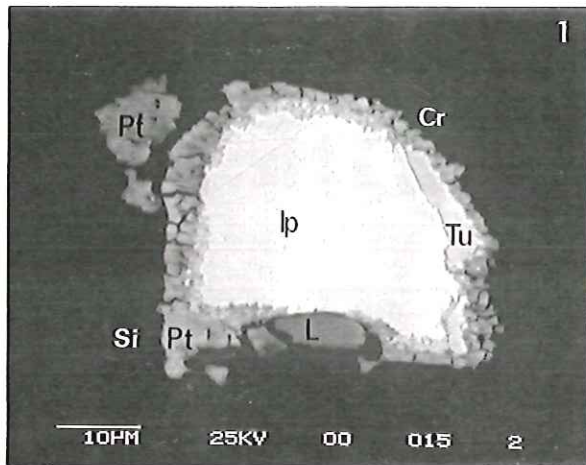
Dans la partie B.M.S. de cette association soit il y a un seul sulfure, échantillons 142A2 (NiS), 134A5 (NiS), M78/14 ($(\text{Fe,Ni})_8\text{S}_9$), donc des sulfurs de Ni, soit deux sulfures, échantillons 157A1 et 15711 ($\text{CuFeS}_2\text{-Cu}_5\text{FeS}_4$ dans les deux cas), donc des sulfures de Fe-Cu. A noter que dans tous les cas les MGP sont représentés soit par des alliages soit par des sulfures de platine.

Cette association est très rare dans le massif, et le fait qu'elle soit surtout

PLANCHE II-3

- Photo 1 - Association : isoferroplatine (Ip), $(Pt_{2,88}Rh_{0,05}Pd_{0,03}Ir_{0,02})_{2,98}(Fe_{0,96}Cu_{0,05}Ni_{0,01})_{1,02}$; tulameenite (Tu), $(Pt_{2,07}Rh_{0,02}Pd_{0,01}Ir_{0,01})_{2,11}(Fe_{1,1}Cu_{0,75}Ni_{0,03}Co_{0,01})_{1,89}$; platine (Pt), $(Pt_{0,84}Cu_{0,06}Fe_{0,05}Ni_{0,02}Co_{0,01}Rh_{0,01}Pd_{0,01})_{1,0}$ et laurite (L), $(Ru_{0,51}Os_{0,22}Rh_{0,19}Ir_{0,04}Pt_{0,02}Fe_{0,01})_{0,99}(S_{1,91}As_{0,1})_{2,01}$ au contact d'une chromite (Cr) et de silicates (Si) interstitiels. L'isoferroplatine et la laurite sont en équilibre, suivi de la formation de tulameenite et enfin le platine couronne à la fois l'isoferroplatine et la tulameenite. Echantillon 96A3a, indice de Bregu 1 de Bibès.
- Photo 2 - Détail de la photo 2 Planche II-1, grain a. Association : isoferroplatine (Ip), $(Pt_{2,65}Pd_{0,19}Rh_{0,02}Ir_{0,01})_{2,87}(Fe_{1,05}Cu_{0,05}Ni_{0,03})_{1,13}$ et tetraferroplatine (Tp), $(Pt_{0,99}Pd_{0,05}Ir_{0,01})_{1,05}(Fe_{0,63}Cu_{0,21}Ni_{0,01})_{1,13}$ dans une interstice. Le tetraferroplatine, plus tardif, emballé en partie l'isoferroplatine.
- Photo 3 - Association tulameenite (Tu), $(Pt_{1,37}Pd_{0,48}Rh_{0,01})_{1,86}(Cu_{1,22}Fe_{0,9}Ni_{0,02})_{1,89}$, PtCu (PC?), (donnée MEB). Le grain est interstitiel par rapport à la chromite (Cr). Il est accompagné d'un clinopyroxène (Cp). Echantillon 60A16, indice Bregu 1 de Bibès.
- Photo 4 - Isoferroplatine (Ip), $Pt_{2,65}Pd_{0,15}Rh_{0,01}Ir_{0,01})_{2,82}(Fe_{1,04}Cu_{0,09}Ni_{0,05})_{1,18}$, entouré de Pt_2Fe (P1), $(Pt_{1,68}Pd_{0,18}Rh_{0,02}Ir_{0,01})_{1,89}(Fe_{0,63}Ni_{0,38}Cu_{0,19}Co_{0,01})_{1,11}$. L'ensemble est inclus dans une chromite (Cr) cumulative. Echantillon 90A2, indice Bregu 1 de Bibès.
- Photo 5 - Association : RhFe (RF), $(Rh_{0,78}Pt_{0,25}Pd_{0,08}Ir_{0,01})_{1,12}(Fe_{0,77}Cu_{0,1}Ni_{0,01})_{0,88}$; Pt_2Fe (P1), $(Pt_{1,59}Pd_{0,16}Rh_{0,01}Ir_{0,01})_{1,77}(Fe_{0,84}Cu_{0,28}Ni_{0,11})_{1,23}$ et Pd_2Cu (Pd_2C), $(Pd_{2,06}Pt_{0,05})_{2,11}(Cu_{0,85}Fe_{0,04})_{0,89}$ incluse dans la chromite (Cr) cumulative, échantillon 90A9, indice de Bregu 1 de Bibès. Sur la photo on observe l'équilibre entre le RhFe et le Pt_2Fe tandis que le Pd_2Cu est plus tardif.
- Photo 6 - Détail de la photo précédente qui montre la démixtion de Pt_2Fe .
- Photo 7 - Détail de la photo 5 même planche montrant les relations de Pd_2Cu avec les autres minéraux. Noter la destabilisation de cette phase.
- Photo 8 - Tulameenite (Tu), $(Pt_{1,93}Pd_{0,1}Rh_{0,04}Ir_{0,01})_{1,08}(Cu_{0,78}Fe_{1,04}Ni_{0,01})_{1,92}$, associée à $PtPdCu$, (Pd_2C), $(Pd_{1,03}Pt_{1,02}Ru_{0,01})_{2,06}(Cu_{0,68}Fe_{0,24}Ni_{0,02})_{0,94}$ et de RhFe (RF). L'association de P.G.M. est interstitielle, tardive par rapport à la chromite. Noter les traces de la minéralisation dans les fissures de chromite. Echantillon 158A2, indice de Shpatl 1 de Dajçit.

PLANCHE II-3



F

F

F

F

F

F

F

F

F

F

F

F

F

F

F

F

F

F

F

F

PLANCHE II-4

- Photo 1 - Alliage de Ru-Ni (RN), $(\text{Ni}_{0,44}\text{Ru}_{0,32}\text{Fe}_{0,11}\text{Os}_{0,08}\text{Ir}_{0,01}\text{Rh}_{0,01})_{1,0}$ inclus dans une chlorite (Chl) interstitielle dans la chromite (Cr) mantellique. Il pourrait s'agir, d'une ancienne laurite désulfurée. Echantillon 46A8, gisement chromifère de Shpati i Vishisë.
- Photo 2 - Alliage de PdCu (PdC), $(\text{Pd}_{0,98}\text{Pt}_{0,09})_{1,07}\text{Cu}_{0,87}\text{Fe}_{0,06})_{0,93}$ inclu dans des silicates (Si) d'une pyroxénites. Echantillon 111A5, près du village Helshan.
- Photo 3 - Association composée de : tulameenite (Tu), $(\text{Pt}_{1,77}\text{Pd}_{0,39}\text{Rh}_{0,01})_{2,17}(\text{Fe}_{0,97}\text{Cu}_{0,85}\text{Ni}_{0,01})_{1,83}$; de PdPt(Cu,Fe), $(\text{Pd}_{0,87}\text{Pt}_{0,84}\text{Rh}_{0,29})_{2,0}(\text{Cu}_{0,52}\text{Fe}_{0,46}\text{Ni}_{0,02})_{1,0}$ et de RhFe (RF). Le grain se trouve dans une interstice au contact avec un silicate. Le premier minéral à être formé c'est la tulameenite peut-être en équilibre avec le RhFe, destabilisés plus tard peut-être des fluides riche en palladium, donnant naissance au PtPd(CuFe). Echantillon 157A15, indice de Shpati i Dajçit.
- Photo 4 - Tulameenite (Tu), $(\text{Pt}_{1,53}\text{Pd}_{0,51}\text{Rh}_{0,15}\text{Ir}_{0,01})_{2,2}(\text{Fe}_{0,92}\text{Cu}_{0,78}\text{Ni}_{0,01})_{1,8}$, associée à un Pt_2Fe (P1), $(\text{Pt}_{1,14}\text{Pd}_{0,35}\text{Rh}_{0,29})_{1,78}(\text{Fe}_{0,61}\text{Cu}_{0,37}\text{Ni}_{0,24})_{1,22}$. Echantillon 158A4, indice de Shpati i Dajçit.
- Photo 5 - Association complexe composée de: Pt_2Fe (P1), $(\text{Pt}_{1,82}\text{Pd}_{0,27}\text{Rh}_{0,01}\text{Ir}_{0,01})_{1,11}(\text{Fe}_{0,81}\text{Cu}_{0,07}\text{Ni}_{0,01})_{0,89}$; tulameenite (Tu), $(\text{Pt}_{1,54}\text{Pd}_{0,2}\text{Rh}_{0,01})_{1,75}(\text{Fe}_{1,09}\text{Cu}_{1,14}\text{Ni}_{0,02})_{2,25}$; RhFe (RF), $(\text{Rh}_{0,67}\text{Pt}_{0,21}\text{Pd}_{0,14}\text{Ir}_{0,01})_{1,03}(\text{Fe}_{0,66}\text{Cu}_{0,31})_{0,97}$; PdCu (PdC1), $(\text{Pd}_{0,36}\text{Rh}_{0,27}\text{Pt}_{0,2}\text{Ir}_{0,02})_{0,84}(\text{Cu}_{0,87}\text{Fe}_{0,28}\text{Ni}_{0,01})_{1,16}$; PtCu_3 (PC3), $(\text{Pt}_{0,7}\text{Pd}_{0,186}\text{Rh}_{0,01})_{0,89}(\text{Cu}_{2,89}\text{Fe}_{0,18}\text{Ni}_{0,04})_{3,11}$ et d'un sulfure où le cobalt domine sur les P.G.E. Le grain se trouve au contact de la chromite (Cr) et d'un orthopyroxène interstitiel (Op). Le Pt_2Fe est le premier à s'être formé suivi de la tulameenite, le PtCu_3 et encore plus tardivement le PdCu, le sulfure et le RhFe. Echantillon 58A14, indice de Bregu i Bibës.
- Photo 6 - Association : tulameenite (Tu), $(\text{Pt}_{1,86}\text{Pd}_{0,09}\text{Rh}_{0,01}\text{Ir}_{0,01})_{1,97}(\text{Fe}_{1,07}\text{Cu}_{0,8}\text{Ni}_{0,16})_{2,03}$; PtCu_3 (PC3), $(\text{Pt}_{0,64}\text{Pd}_{0,07}\text{Rh}_{0,01}\text{Ir}_{0,01})_{0,73}(\text{Cu}_{3,11}\text{Ni}_{0,16})_{3,27}$ incluse dans la chromite (Cr) cumulative. Les deux phases sont en équilibre. Echantillon 58A3, indice de Bregu i Bibës.
- Photo 7 - Association composée de : Pt_2Cu (P2C), $(\text{Pt}_{1,33}\text{Pd}_{0,48}\text{Rh}_{0,04}\text{Ir}_{0,01})_{1,86}(\text{Cu}_{1,07}\text{Fe}_{0,04}\text{Ni}_{0,03})_{1,14}$; PtCu_2 (PC2), $(\text{Pt}_{1,01}\text{Pd}_{0,14}\text{Rh}_{0,04})_{1,19}(\text{Cu}_{1,24}\text{Fe}_{0,41}\text{Ni}_{0,16})_{1,81}$ et PtCu_3 (PC3), $(\text{Pt}_{0,63}\text{Pd}_{0,46}\text{Rh}_{0,01}\text{Ir}_{0,01}\text{Ru}_{0,01})_{1,02}(\text{Cu}_{2,91}\text{Fe}_{0,05}\text{Ni}_{0,02})_{2,98}$. Cette association se trouve au contact de la chromite (Cr) et d'un silicate (Si) interstitiel. Les phases précoces sont les plus riches en platine (Pt_2Cu) et suivies au fur et à mesure des phases riches en cuivre (PtCu_2 , PtCu_3). Echantillon 157A3, indice de Shpati i Dajçit.
- Photo 8 - Grain de P.G.M., inclus dans la chromite (Cr) cumulative composé de : tetraferroplatine (Tp), $(\text{Pt}_{0,97}\text{Pd}_{0,1}\text{Rh}_{0,01})_{1,08}(\text{Fe}_{0,57}\text{Cu}_{0,26}\text{Ni}_{0,09})_{0,92}$; PtCu_2 (PC2), $(\text{Pt}_{0,84}\text{Pd}_{0,12}\text{Rh}_{0,04})_{1,1}(\text{Cu}_{1,45}\text{Fe}_{0,31}\text{Ni}_{0,14})_{1,9}$ et RhFe (RF), donnée MEB. Le tetraferroplatine se forme en premier et suivi de RhFe et de PtCu_2 qui commencent à le remplacer. Echantillon 157A9, indice de Shpati i Dajçit.

constituée des sulfures, nous fait penser à une saturation locale en soufre du magma. Les EGP seraient incorporés dans les SMB à haute température puis libérés lors du refroidissement en formant les MGP.

IV.19.4. Association MGP-MGP.

Cette association est toujours associée soit à la chromite, soit aux silicates et à la chromite. C'est l'association la plus fréquente après celle MGP-chromite.

Dans la plupart des cas dans cette association il y a plusieurs MGP.

Plusieurs types d'associations dérivent de cette association. A noter les associations simples : alliage-sulfure qui fait la majorité des cas, alliage-alliage, sulfure-sulfure, arséniure-sulfoarséniures, alliages-sulfoarséniures et alliages tellurures. Parmi les associations complexes on cite l'association alliages-sulforséniures-tellurures.

On essaiera d'aborder les types d'associations les plus courantes.

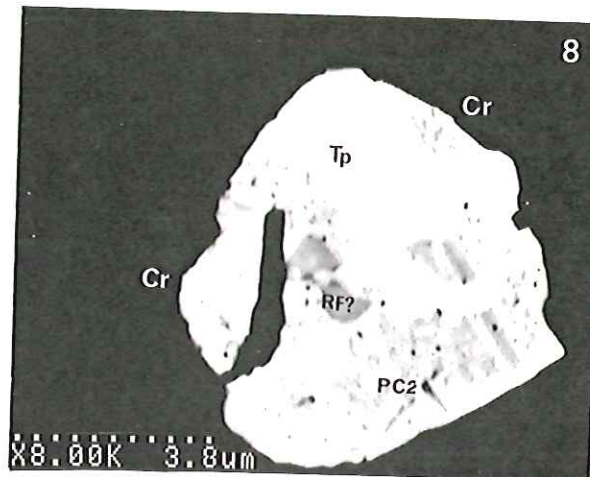
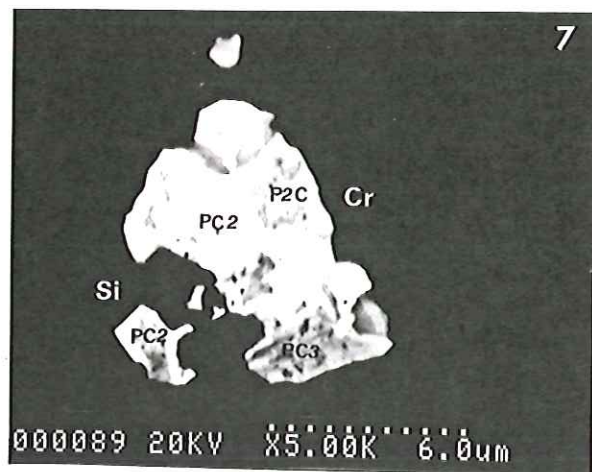
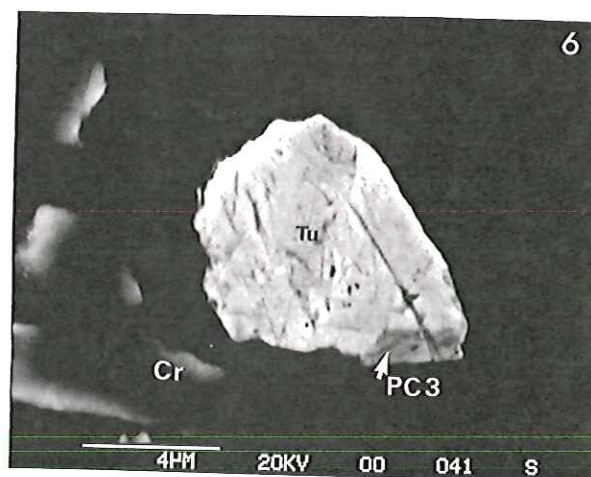
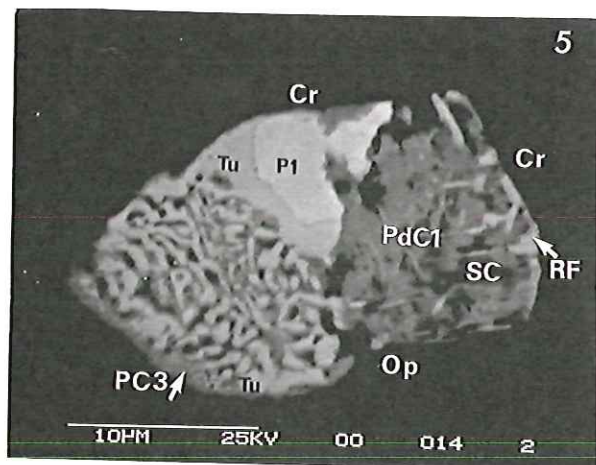
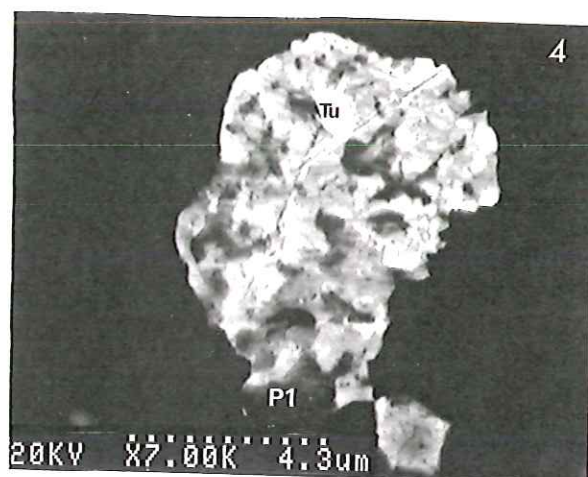
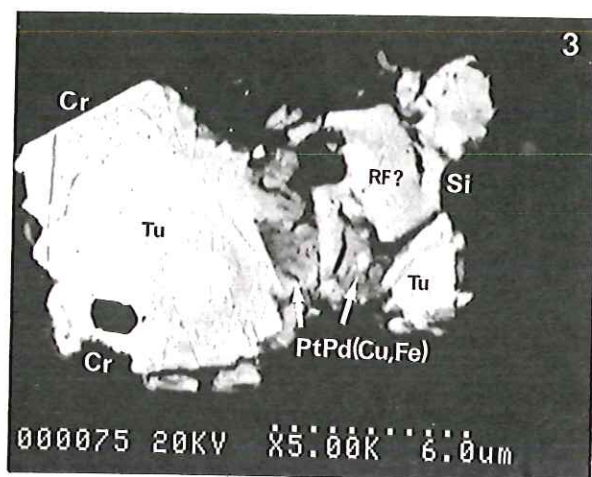
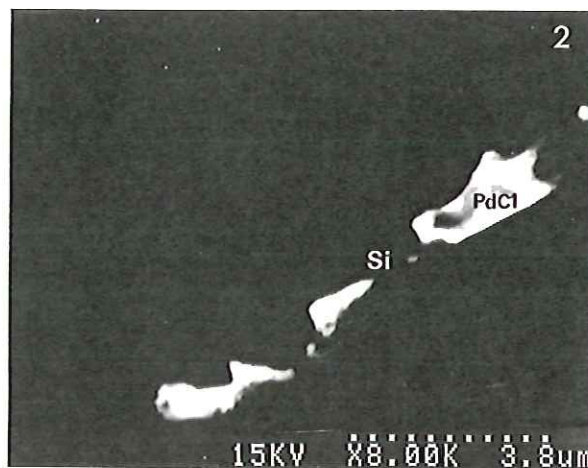
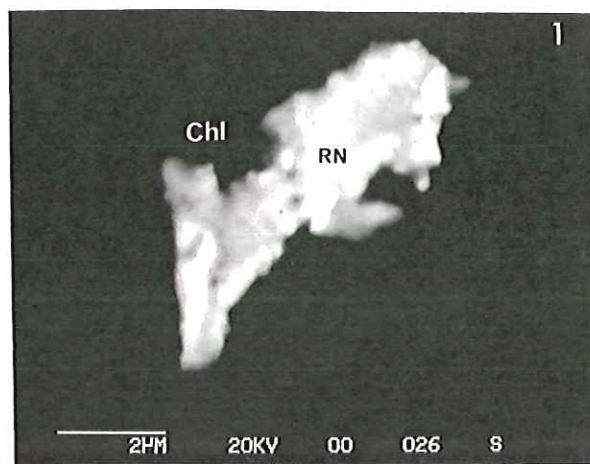
IV.19.4.1. Associations alliages-sulfures.

C'est l'association la plus présente dans le massif. Les alliages sont représentés surtout par de l'isoferroplatine et moins par le Pt_2Fe , le tétraferroplatine etc... Mais il se peut qu'il ait plus qu'un alliage, par exemple avec l'isoferroplatine on trouve aussi l'osmium, le Pt_2Fe , le platine, la tulameenite, le tétraferroplatine, le $RhFe$ etc... Parmi les sulfures, la laurite est la plus courante mais on trouve aussi des sulfures de platine (braggite, cooperite, bowieite etc...). On peut également observer plus d'un sulfure dans l'association, par exemple laurite et kashinite.

Donc, les associations les plus courantes sont : isoferroplatine-laurite, Pt_2Fe et $PtFe$ -sulfure de platine et des associations plus complexes comme isoferroplatine-osmium-laurite, isoferroplatine-laurite-kashinite, isoferroplatine-tétraferroplatine- $RhFe$ - $PtCu_3$ -laurite etc...

En général, la laurite est le premier MGP à être formé suivi par l'isoferroplatine, à l'exception du grain 2/3 où l'isoferroplatine est formé en premier suivi par la laurite et la kashinite.

PLANCHE II-4



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

Un fait intéressant : dans le grain 60A5 l'osmium est formé après la laurite et l'isoferroplatine.

Dans le grain mixte M78/5 la cristallisation de la laurite et de l'isoferroplatine est suivie de RhFe, de tétraferroplatine et de PdCu₂.

Pour conclure on peut dire que l'association alliages-sulfures semble s'être formée dans les mêmes conditions de pression et de température puisque on peut avoir cristallisation alternée de deux phases, mais s'il y a formation de sulfure (laurite ou sulfures de platine) celui-ci se forme par évolution des conditions physico-chimiques du milieu, conduisant à former un sulfure plutôt qu'un alliage à partir du même liquide.

IV.19.4.2. Association alliage-alliage.

Après le type d'association alliages-sulfures, c'est le type d'association alliage-alliage qui est le plus important. Nous avons dans cette association surtout des alliages de Pt, Fe, Cu, et Pd comme l'isoferroplatine, Pt₂Fe, tétraferroplatine, tulameenite, PtCu₃, PdCu₂, Pt₂Cu, PdCu, PdCu, RhFe. Dans certains cas on observe associés plusieurs alliages.

A noter l'existence de l'association isoferroplatine-osmium, échantillons 35A5, 59A3 et échantillon 92A4, ce dernier présente en plus un alliage complexe de (Rh,Pt,Pd...).

C'est l'isoferroplatine le premier à se former suivi des espèces plus riches en Fe, Pd et Cu. Dans l'association isoferroplatine-osmium, l'isoferroplatine cristallise après l'osmium et l'alliage de (Rh,Pt,Pd...) est plus tardif.

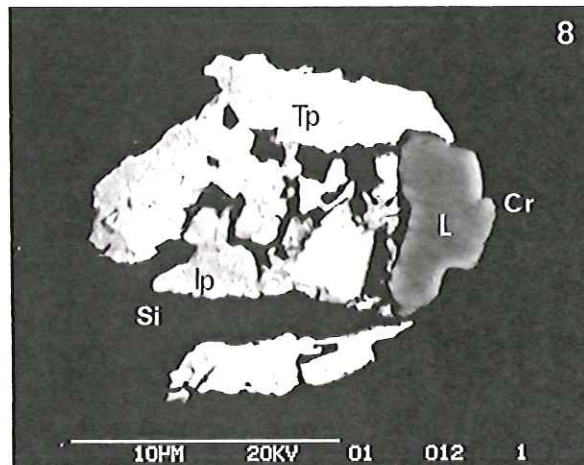
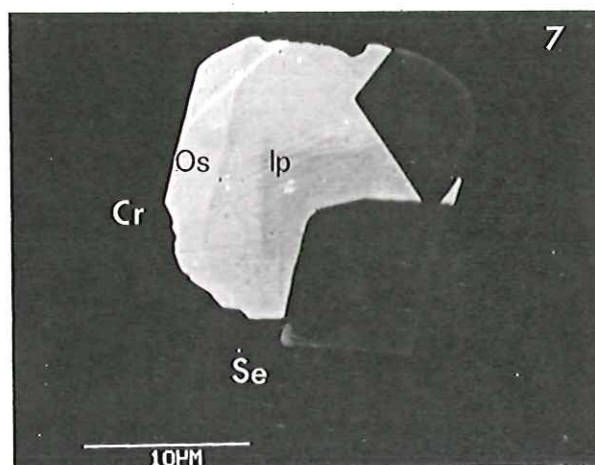
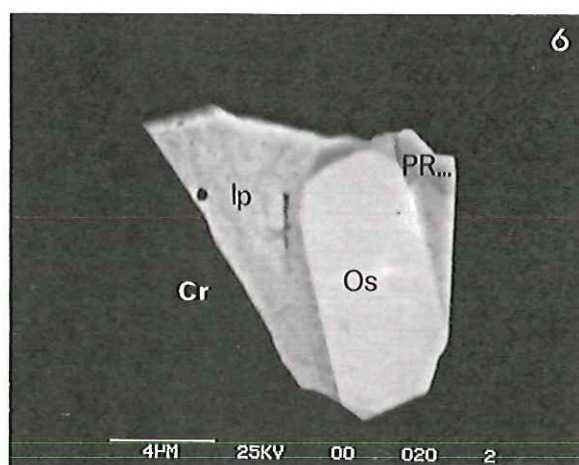
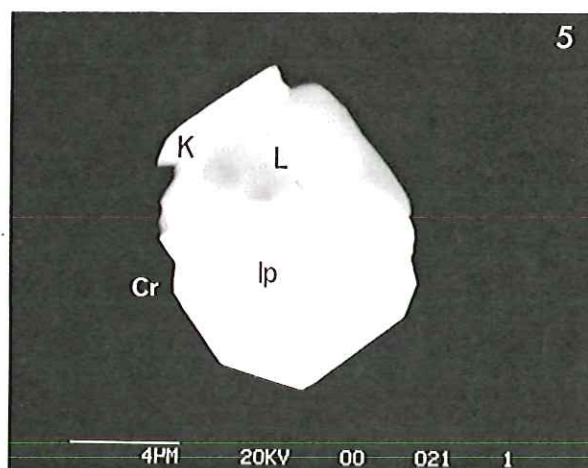
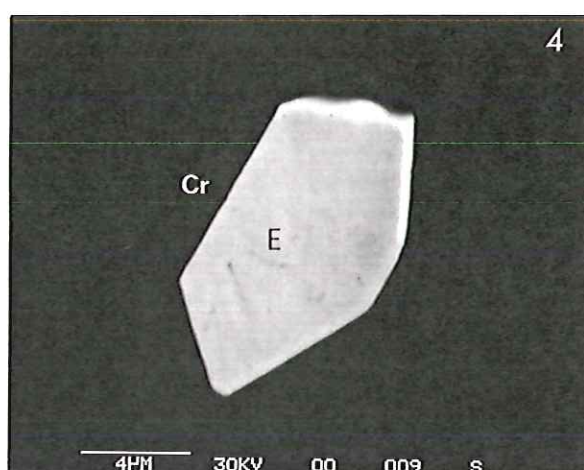
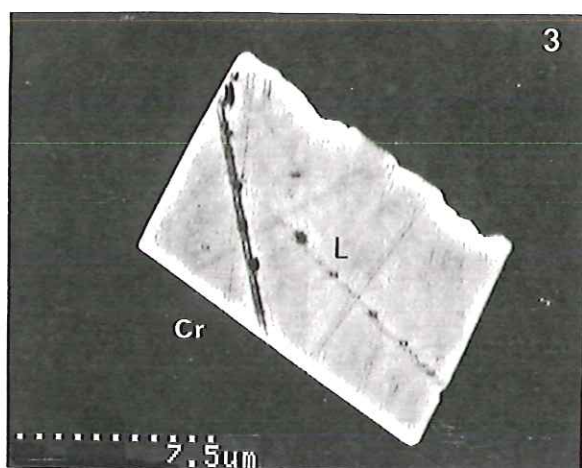
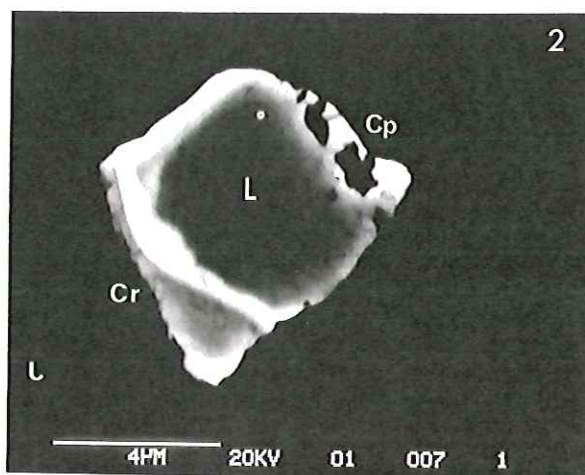
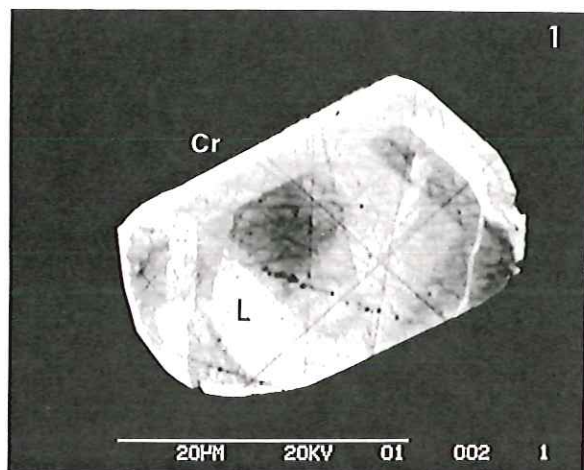
Cette formation de l'osmium avant l'isoferroplatine se fait à l'invers du cas de l'échantillon 60A5 où l'osmium se formait après l'isoferroplatine.

Cette anomalie observée dans l'échantillon 60A5, à notre avis s'explique ; par des conditions élevées de l'activité en soufre il y a eu la laurite qui est formée mais on sait que dans le réseau il y a une partie de ruthénium qui est remplacée par l'osmium ce qui fait diminuer la concentration de l'osmium dans le milieu et par contre nous avons une augmentation du platine et du fer, qui ne participent pas dans le réseau de la laurite, ce qui provoque la formation de l'isoferroplatine. Une fois la formation de l'isoferroplatine finie il ne reste que

PLANCHE II-5

- Photo 1 - Cristal de laurite (L) zoné, $(\text{Ru}_{0,84}\text{Os}_{0,06}\text{Rh}_{0,06}\text{Ir}_{0,01})_{0,97}(\text{S}_{2,01}\text{As}_{0,02})_{2,03}$. Les parties claires sont plus riches en osmium. Le cristal automorphe présente deux générations d'e zones de croissance qui se recoupent. Cette laurite est incluse dans la chromite (Cr) de l'indice Bregu i de Bibès. Echantillon M78/7.
- Photo 2 - Laurite zonée (L), $(\text{Ru}_{0,78}\text{Os}_{0,18}\text{Rh}_{0,03}\text{Ir}_{0,02}\text{Fe}_{0,01})_{1,03}\text{S}_{1,97}$. Les parties plus riche en osmium sont plus claires. Le cristal automorphe se situe au contact de la chromite (Cr) et d'un clinopyroxène (Cp) interstitiel. Echantillon M78/9, indice de Bregu i Bibès.
- Photo 3 - Laurite automorphe (L), $(\text{Ru}_{0,9}\text{Os}_{0,03}\text{Rh}_{0,03}\text{Ir}_{0,02})_{0,98}\text{S}_{2,02}$, incluse dans un spinelle accessoire d'une dunite mantellique près de l'indice de Mëhallë Qafë. Echantillon 26N.
- Photo 4 - Erlichmanite (E), $(\text{Os}_{0,62}\text{Ir}_{0,21}\text{Ru}_{0,12}\text{Rh}_{0,02}\text{Cu}_{0,01}\text{Fe}_{0,01})_{0,99}(\text{S}_{1,83}\text{As}_{0,18})_{2,01}$, incluse dans la chromite cumulative. Echantillon 35A6, indice de Bregu i Bibès.
- Photo 5 - Association : Isoferroplatine (Ip), $(\text{Pt}_{2,65}\text{Rh}_{0,13}\text{Pd}_{0,06}\text{Ir}_{0,12}\text{Ru}_{0,01})_{2,97}(\text{Fe}_{0,96}\text{Cu}_{0,05}\text{Ni}_{0,02})_{1,03}$; laurite (L), $(\text{Ru}_{0,63}\text{Os}_{0,24}\text{Ir}_{0,08}\text{Rh}_{0,04}\text{Pt}_{0,01}\text{Cu}_{0,01})_{1,01}(\text{S}_{1,98}\text{As}_{0,01})_{1,99}$; kashinite (K), $(\text{Ir}_{0,82}\text{Cu}_{0,52}\text{Rh}_{0,3}\text{Ru}_{0,2}\text{Pt}_{0,09}\text{Fe}_{0,08}\text{Ni}_{0,03}\text{Os}_{0,02})_{2,06}(\text{S}_{1,98}\text{As}_{0,01})_{1,99}$ incluse dans la chromite (Cr) de l'indice de Bregu i Bibès. L'isoferroplatine est formé le premier. Il est entouré par la laurite et la kashinite. Celle-ci se forme la dernière. Echantillon 2/3.
- Photo 6 - Isoferroplatine (Ip), $(\text{Pt}_{2,66}\text{Rh}_{0,21}\text{Pd}_{0,06}\text{Ir}_{0,05}\text{Ru}_{0,01}\text{Os}_{0,01})_{3,0}(\text{Fe}_{0,96}\text{Cu}_{0,04})_{1,0}$ associé d'un alliage d'osmium (Os), $(\text{Os}_{0,69}\text{Ir}_{0,12}\text{Ru}_{0,12}\text{Pt}_{0,04}\text{Rh}_{0,02}\text{Cu}_{0,01})_{1,0}$ et d'un autre alliage complexe de Pt,Rh... (PR...), $(\text{Pt}_{0,28}\text{Rh}_{0,22}\text{Ru}_{0,19}\text{Ir}_{0,16}\text{Os}_{0,07}\text{Pd}_{0,06}\text{Fe}_{0,02})_{1,0}$. L'osmium est précocé. Il est entouré de l'isoferroplatine et un autre alliage complexe. Echantillon 92A4, indice de Bregu i Bibès.
- Photo 7 - Trois phases constituantes de l'association de l'échantillon 60A5, indice de Bregu i Bibès : la laurite (L), $(\text{Ru}_{0,84}\text{Os}_{0,04}\text{Ir}_{0,03}\text{Pt}_{0,03}\text{Pd}_{0,01})_{0,95}(\text{S}_{2,04}\text{As}_{0,01})_{2,05}$; l'isoferroplatine (Ip), $(\text{Pt}_{2,66}\text{Rh}_{0,21}\text{Ir}_{0,08}\text{Pd}_{0,04})_{2,99}(\text{Fe}_{0,94}\text{Cu}_{0,06}\text{Ni}_{0,01})_{1,01}$ et l'osmium (Os), $(\text{Os}_{0,59}\text{Ir}_{0,23}\text{Ru}_{0,11}\text{Pt}_{0,04}\text{Rh}_{0,04}\text{Pt}_{0,03})_{1,0}$. Ces phases, associées à une serpentine (Se), sont incluses dans la chromite. Vu leur relations on peut dire que l'isoferroplatine et la laurite sont en équilibre tandis que l'osmium est un peu plus tardif parce qu'il enveloppe l'isoferroplatine.
- Photo 8 - Association M78/10 : Imbrication de isoferroplatine (Ip), $(\text{Pt}_{3,02}\text{Pd}_{0,04}\text{Rh}_{0,02}\text{Ir}_{0,01}\text{Ru}_{0,01})_{3,1}(\text{Fe}_{0,8}\text{Cu}_{0,07}\text{Ni}_{0,03})_{0,9}$; de tetraferroplatine (Tp), $(\text{Pt}_{1,03}\text{Pd}_{0,01}\text{Rh}_{0,01}\text{Os}_{0,01})_{1,06}(\text{Fe}_{0,63}\text{Cu}_{0,25}\text{Ni}_{0,06})_{0,94}$ et de laurite (L), $(\text{Ru}_{0,6}\text{Os}_{0,16}\text{Rh}_{0,11}\text{Ir}_{0,08}\text{Pt}_{0,0}\text{Pd}_{0,02}\text{Fe}_{0,0}\text{Ni}_{0,01})_{0,99}(\text{S}_{1,9}\text{As}_{0,11})_{2,01}$. Cette association se trouve au contact de la chromite (Cr) et d'un silicate interstitiel (Si). Leur relations suggèrent un équilibre entre l'isoferroplatine et la laurite tandis que le tetraferroplatine est un peu plus tardif. Indice de Bregu i Bibès.

PLANCHE II-5





la formation de l'osmium.

IV.19.4.3. Association sulfure-sulfure.

Il y a cinq cas observés de cette association. Nous avons déjà vu le cas du grain complexe 2/3, association isoferroplatine-laurite-kashinite et les associations laurite-kashinite (échantillon 39A1), RuS-Ru₂S₃ (échantillon 84A1) laurite-Ru₃S₂ (échantillon 157A8) et laurite-Ru dans l'échantillon 103A4.

Dans le cas laurite-kashinite, soit la laurite est formée la première soit toute les deux sont formées au même temps.

Nous pensons que dans cette association c'est l'activité en soufre qui contrôle la formation de ces minéraux. Au début nous avons une activité en soufre élevée ce qui provoque la formation de la laurite et au fur et à mesure qu'elle diminue nous avons la formation des phases moins riche en soufre telles que la kashinite, RuS, Ru₂S₃ et Ru₃S₂.

IV.19.4.4. Association alliages-sulfoarséniure.

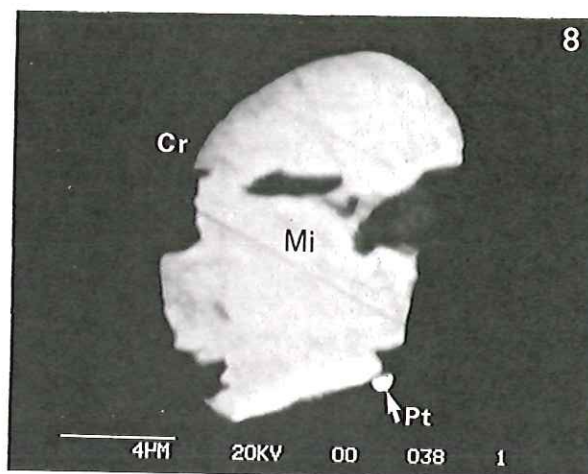
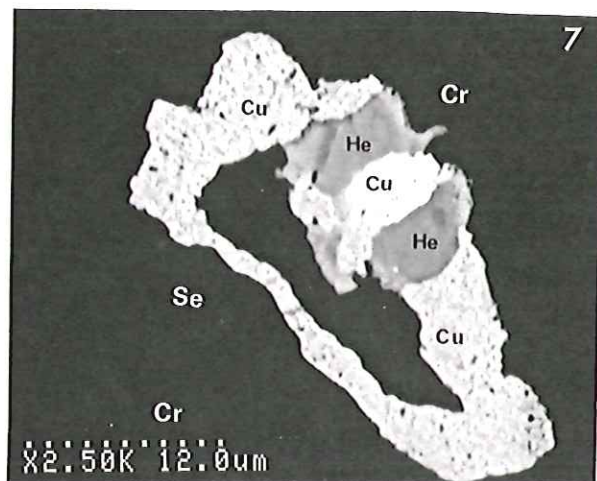
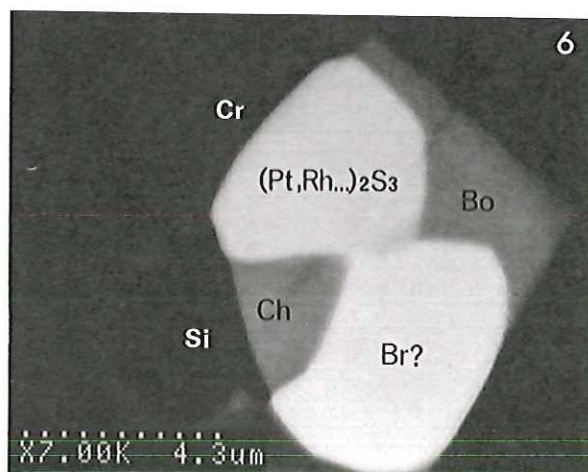
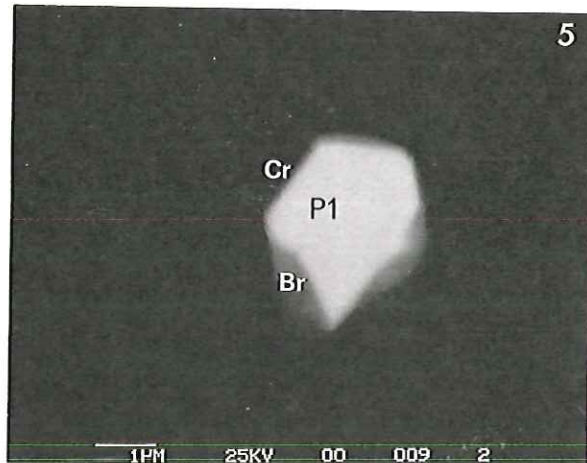
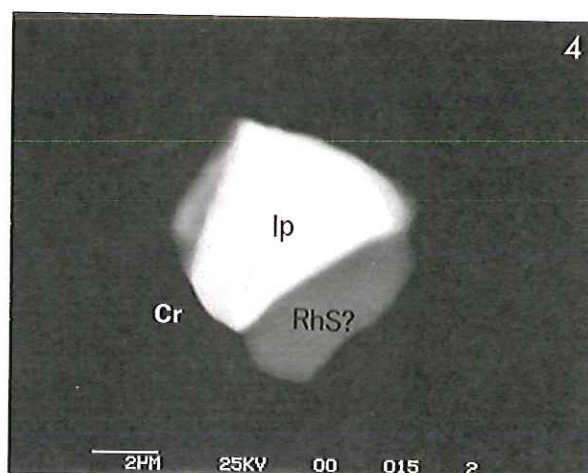
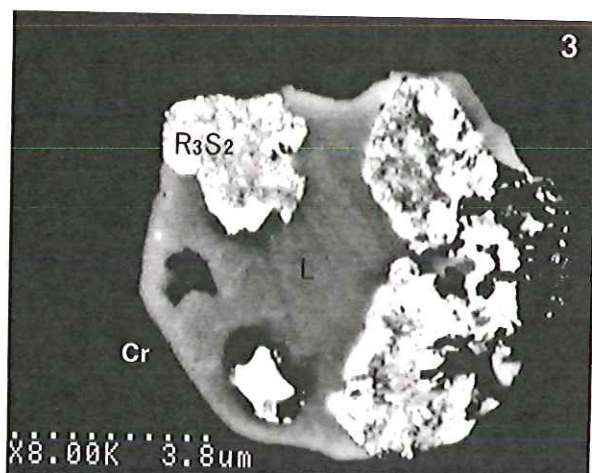
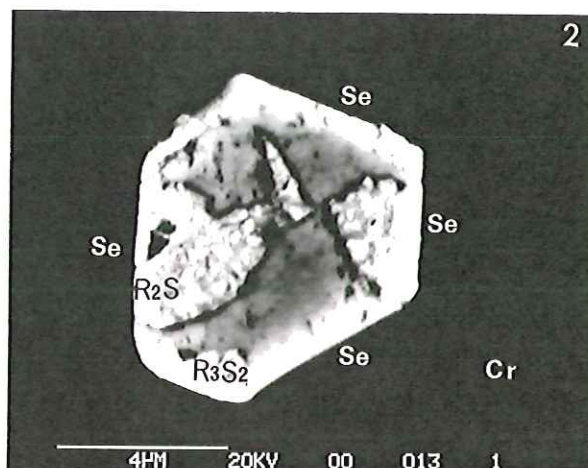
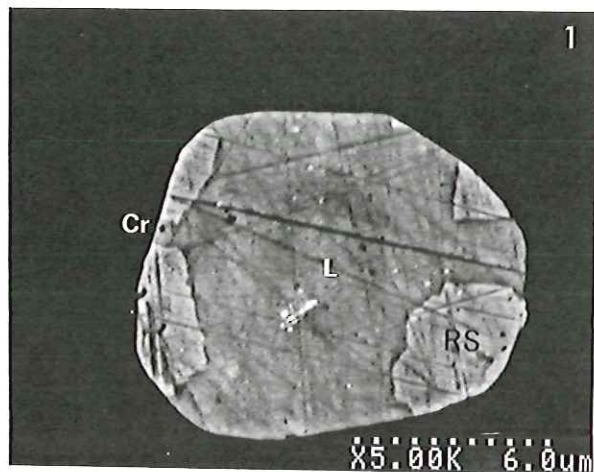
C'est une association toujours observée au contact chromite/silicate interstitiel. Elle est rencontrée trois fois dans l'échantillon 58A (58A12a et 12b et 58A14) et une seule fois dans l'échantillon 69A8. Dans tous les cas, la tulameenite est présente. Dans l'échantillon 58A12 la hollingworthite se forme au même temps que l'isoferroplatine. La tulameenite se forme à la fin. Elle réagit avec l'isoferroplatine. Cette réaction est bien observable au contact isoferroplatine-tulameenite.

L'association du grain 58A14 est plus complexe. Mis à part la tulameenite, toujours présente, les alliages sont représentés aussi par le Pt₂Fe, RhFe et PdCu. Il faut ajouter dans cette association la présence d'un sulfoarséniure complexe de Co,Rh,Ni.... Ici, c'est plus ou moins difficile à dire si la hollingworthite est antérieure ou postérieure aux alliages. A notre avis, elle a l'air d'être postérieure, peut-être contemporaine au PdCu ou légèrement postérieure. Le Pt₂Fe est formé le premier suivi par la tulameenite. Plus tard les deux forment un eutectoïde.

PLANCHE II-6

- Photo 1 - Association plus ou moins automorphe, angles arrondis, constitué de laurite (L), $(\text{Ru}_{0,59}\text{Os}_{0,34}\text{Ir}_{0,07}\text{Rh}_{0,02})_{1,02}\text{S}_{1,98}$ entourée par un autre sulfure de ruthénium, RuS (RS), $(\text{Ru}_{0,43}\text{Fe}_{0,32}\text{Os}_{0,27}\text{Ir}_{0,05})_{1,07}(\text{S}_{0,92}\text{As}_{0,01})_{0,93}$. Le RuS apparaît plus en relief par rapport à la laurite ce qui veut dire qu'il possède une dureté plus élevée et résiste mieux au polissage. Le grain est inclus dans la chromite (Cr). Photo prise dans l'échantillon 103A4, indice de Skatinë-Gëzhime.
- Photo 2 - Association automorphe 84A1, indice de Lajthizë Përrua. Cette association de grains est englobé dans une serpentine (Se) automorphe, hexagonale comme le platinoïde. L'ensemble platinoïde-serpentine est inclus dans la chromite (Cr). Le platinoïde est composé de deux sulfures de ruthénium : Ru_2S (R2S), $(\text{Ru}_{1,02}\text{Cu}_{0,49}\text{Fe}_{0,25})_{2,05}\text{S}_{0,95}$ et Ru_3S_2 (R3S2), $(\text{Ru}_{1,62}\text{Cu}_{0,62}\text{Fe}_{0,39}\text{Os}_{0,15}\text{Ir}_{0,12}\text{Ni}_{0,09}\text{Co}_{0,06}\text{Rh}_{0,04})_{3,09}\text{S}_{1,9}$. Le Ru_2S est plus tardif.
- Photo 3 - Association plus ou moins automorphe composé d'une laurite (L), $(\text{Ru}_{0,75}\text{Rh}_{0,16}\text{Os}_{0,05}\text{Ir}_{0,04}\text{Pd}_{0,02}\text{Cu}_{0,02})_{1,04}(\text{S}_{1,89}\text{As}_{0,07})_{1,96}$ et de Ru_3S_2 (R3S2), $(\text{Ru}_{1,6}\text{Cu}_{0,6}\text{Pd}_{0,5}\text{Rh}_{0,25}\text{Ir}_{0,07}\text{Os}_{0,06}\text{Ni}_{0,02})_{3,0}(\text{S}_{1,88}\text{As}_{0,12})_{2,0}$. Cette association est incluse dans la chromite (Cr). Le Ru_3S_2 , plus tardif, est plus en relief que la laurite et aussi. Echantillon 157A8, indice de Shpati i Dajçit.
- Photo 4 - Association d'isoferroplatine (Ip)-sulfure de rhodium (RhS?), selon les données qualitative obtenues au MEB. Ce grain a été arraché avant d'être passé à la microsonde. L'association est incluse dans la chromite (Cr). Echantillon 128A1, indice de Vlad.
- Photo 5 - Grain composite de P.G.M. appartenant à l'échantillon B5/4, indice de Bregu i Bibës. Le grain composite, inclus dans la chromite (Cr), est représenté d'une association Pt_2Fe (P1), $(\text{Pt}_{1,97}\text{Rh}_{0,09}\text{Pd}_{0,04}\text{Ir}_{0,02})_{2,12}(\text{Fe}_{0,8}\text{Cu}_{0,06}\text{Ni}_{0,02})_{0,88}$, braggite (Br), $(\text{Pt}_{0,52}\text{Ru}_{0,29}\text{Fe}_{0,14}\text{Rh}_{0,08}\text{Ir}_{0,01}\text{Os}_{0,01}\text{Cu}_{0,01})_{1,06}(\text{S}_{0,91}\text{As}_{0,03})_{1,94}$. Le Pt_2Fe est antérieur à la braggite.
- Photo 6 - Association complexe dans l'échantillon 157A11, indice de Shpati i Dajçit. Il présente une association de sulfures de EGP et de métaux de base (MB) qui sont : le $(\text{Pt,Rh...})_2\text{S}_3$, $(\text{Pt}_{0,69}\text{Rh}_{0,67}\text{Cu}_{0,67}\text{Ir}_{0,03}\text{Co}_{0,01})_{2,07}\text{S}_{2,93}$; la braggite palladifère (Br?), $(\text{Pt}_{0,69}\text{Pd}_{0,26}\text{Ni}_{0,01}\text{Cu}_{0,01})_{0,97}\text{S}_{1,03}$; la chalcopryrite (Ch), $\text{Cu}_{1,06}\text{Fe}_{0,94}\text{S}_{2,0}$ et la bornite (Bo), $\text{Cu}_{5,06}\text{Fe}_{0,96}\text{S}_{3,98}$. Le grain est associé du côté chalcopryrite d'un silicate (Si), probablement une serpentine. L'ensemble est inclus dans la chromite (Cr). Les sulfures des E.G.P. peuvent être en équilibre tandis que ceux des M.B. sont postérieurs.
- Photo 7 - Association cuivre natif (Cu), $(\text{Cu}_{0,98}\text{Ni}_{0,02})_{1,0}$, heazlewoodite (He), $(\text{Ni}_{2,77}\text{Fe}_{0,18})_{2,95}\text{S}_{2,05}$ et serpentine (Se) incluse dans une chromite (Cr). A noter l'enrichissement en platine du cuivre qui est au centre entre les deux heazlewoodites. La formule structurale de ce cuivre natif s'écrit : $(\text{Cu}_{0,83}\text{Ni}_{0,08}\text{Pt}_{0,07}\text{Fe}_{0,02})_{1,0}$. Echantillon 157A5, indice de Shpati i Dajçit.
- Photo 8 - Association millerite (Mi), $(\text{Ni}_{0,96}\text{Fe}_{0,03})_{0,99}\text{S}_{1,01}$ -platine (Pt), donnée MEB, car trop petite taille, incluse dans une chromite (Cr) mantellique. Echantillon 134A5, indice chromifère de Kepenek-7

PLANCHE II-6





La hollingworthite de l'échantillon 69A8 est formée sans doute avant la tulameenite (en fait il s'agit plutôt d'un eutectoïde tulameenite-tetraferroplatine plus ou moins riche en cuivre).

Pour conclure on peut dire que la hollingworthite se forme avant la tulameenite (à discuter le cas 58A14) et au même temps que l'isoferroplatine.

IV.19.4.5. Association alliages-tellurures.

Dans le cadre de cette étude deux, tellurures ont été rencontrés. Le premier (échantillon 58A11 Photo 7,8 Planche II-1) est associés à un complexe d'alliages (PtFe, RhFe, Pt₂FeCu, PdCu₂) et à un arséniure, (Rh,Ni,Co...) ₃ As.

Le deuxième, échantillon 69A7b (Photo 8 Planche II-7), est associé au Pd₂ Cu et PdCu₂, le dernier riche en or.

Nous pensons que les alliages sont formés les premiers et, dans les cas de l'échantillon 58A11 le (Rh,Ni,Co...) ₃ As se forme juste après les alliages, à la fin nous avons la formation des tellurures.

Dans les deux cas les associations sont sans doute postérieures à la chromite et en plus on dirait qu'elles sont tardives dues à une libération à partir du magma d'un fluide enrichi en arsénic, tellure et en métaux précieux.

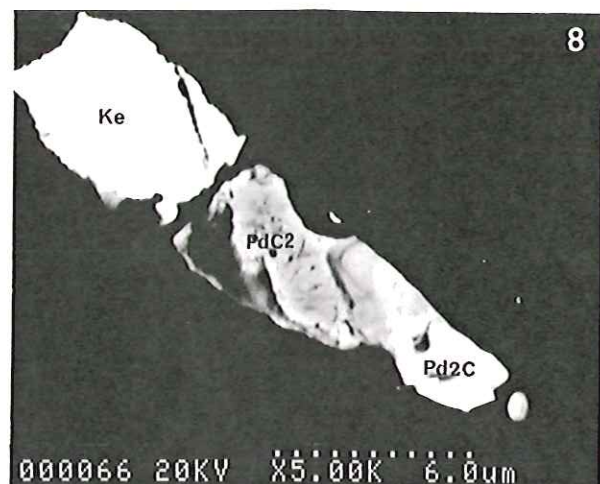
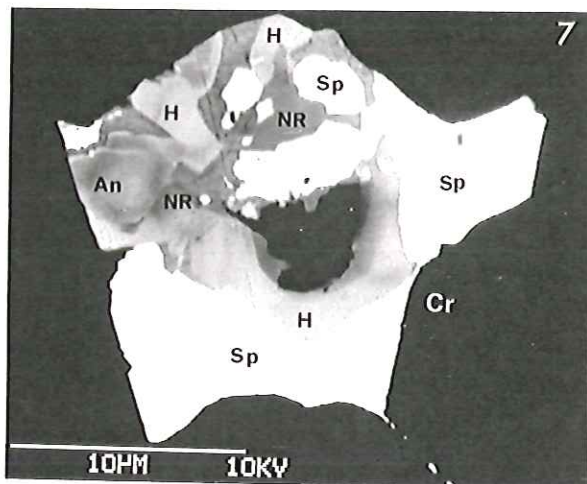
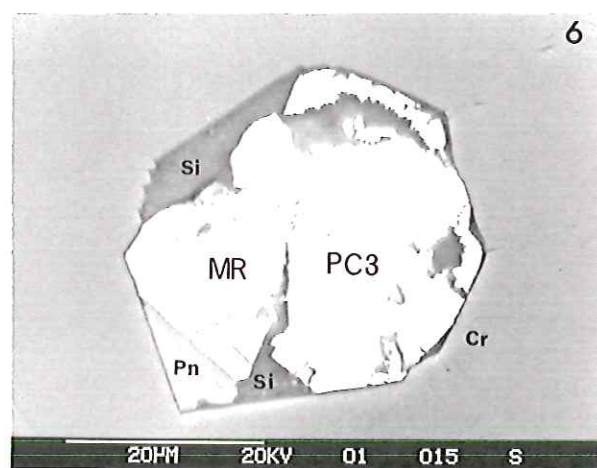
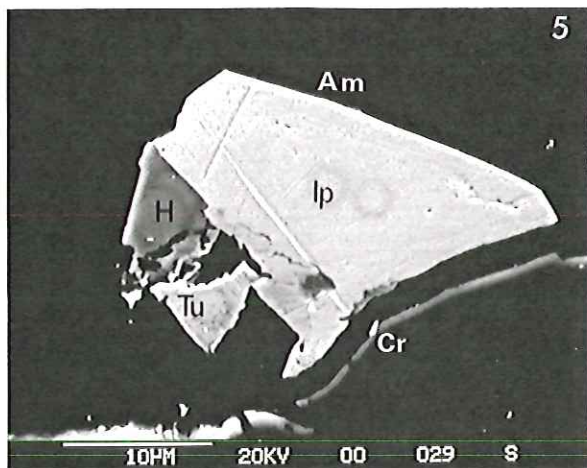
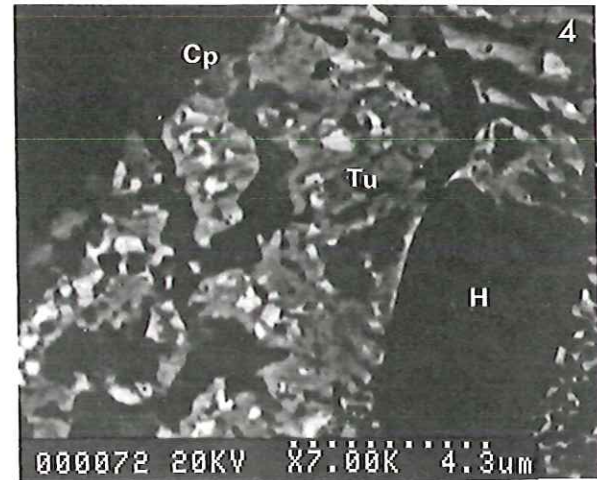
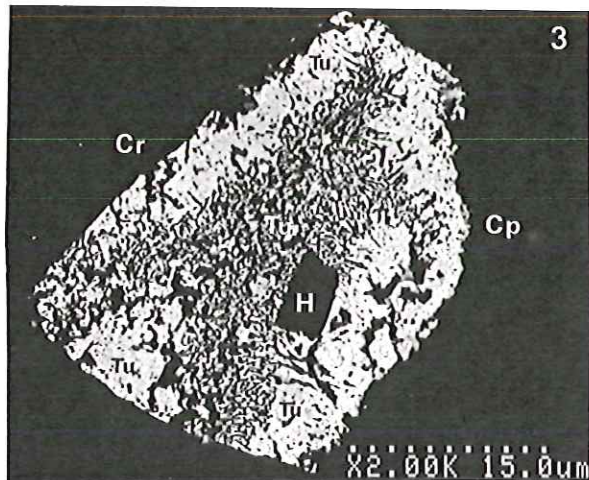
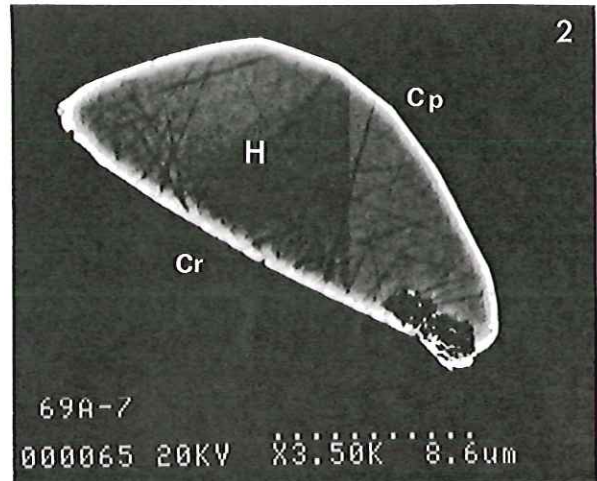
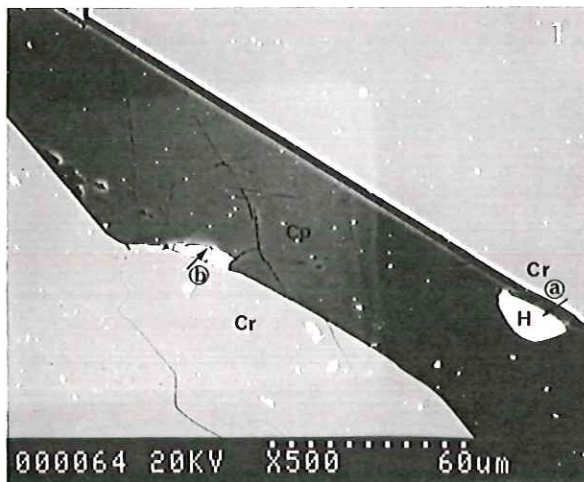
IV.19.4.6. Association arséniures-sulfoarséniures.

L'unique cas de cette association appartient à l'échantillon 33A2, indice de Maja e Sukës. Les espèces minérales qui constituent l'association sont ; la sperrylite (PtAs₂), la hollingworthite (RhAsS), l'anduoïte (RuAs₂) et l'espèce innomé Ni(Rh,Pd)₂(As,S)₄. Pour expliquer la formation de ces minéraux on pense que les minéraux primeurs ont été la hollingworthite et la laurite antérieurement à la chromite. Après, comme dans le cas de l'association alliages-tellurures ci-dessus, le fluide enrichi en arsénic, platine et plus ou moins en palladium pénétrant selon les fractures dans la chromite, arrive à remplacer une bonne partie de la hollingworthite par la sperrylite, le Ni(Rh,Pd)₂ (As,S)₄, et l'ensemble de la laurite par l'anduoïte.

PLANCHE II-7

- Photo 1 - Deux grains de platinoïdes au contact de la chromite (Cr) et d'un clinopyroxène interstitiel (Cp). Le premier "a" (hollingworthite, détail photo 2 même planche) est précoce, plus ou moins contemporain à la cristallisation de la chromite et le deuxième "b" (association complexe, détail photo 8 même planche) est tardif. Sa formation est liée aux fractures dans le clinopyroxène (voir photo). Echantillon 69A7, indice de Bregu i Bibès.
- Photo 2 - Détail du grain "a" de la photo précédente. Hollingworthite (H), $(\text{Rh}_{0,97}\text{Pt}_{0,02}\text{Ru}_{0,01}\text{Ir}_{0,01})_{1,01}(\text{S}_{1,09}\text{As}_{0,9})_{1,99}$ allongée le long du contact chromite/clinopyroxène.
- Photo 3 - Hollingworthite (H), $(\text{Rh}_{0,61}\text{Ir}_{0,19}\text{Ru}_{0,1}\text{Os}_{0,07}\text{Pt}_{0,05}\text{Cu}_{0,03}\text{Fe}_{0,02}\text{Ni}_{0,01})_{1,08}(\text{S}_{1,25}\text{As}_{0,67})_{1,92}$ entourée d'une tulameenite (Tu), $(\text{Pt}_{1,93}\text{Pd}_{0,26}\text{Rh}_{0,02}\text{Ru}_{0,01})_{2,22}(\text{Cu}_{0,92}\text{Fe}_{0,76}\text{Ni}_{0,1})_{1,78}$. La tulameenite est postérieure à la hollingworthite. Le grain se trouve au contact de la chromite (Cr) et d'un clinopyroxène (Cp) interstitiel. Echantillon 69A8, indice de Bregu i Bibès.
- Photo 4 - Détail de la photo précédente. Démixtion de la tulameenite.
- Photo 5 - Association : isoferroplatine (Ip), $(\text{Pt}_{2,89}\text{Pd}_{0,06}\text{Rh}_{0,02}\text{Ir}_{0,01})_{2,98}(\text{Fe}_{0,91}\text{Cu}_{0,09}\text{Co}_{0,01}\text{Ni}_{0,01})_{1,02}$; hollingworthite (H), $(\text{Rh}_{0,63}\text{Ru}_{0,15}\text{Ir}_{0,11}\text{Os}_{0,06}\text{Pt}_{0,02}\text{Cu}_{0,01})_{0,98}(\text{S}_{1,37}\text{As}_{0,65})_{2,02}$ et tulameenite (Tu), $(\text{Pt}_{1,91}\text{Pd}_{0,08}\text{Rh}_{0,03}\text{Ir}_{0,02})_{2,04}(\text{Cu}_{0,75}\text{Fe}_{1,12}\text{Ni}_{0,09})_{1,96}$. Cette association se trouve au contact de la chromite (Cr) et d'une amphibole (Am) interstitielle. Le contact rectiligne entre l'isoferroplatine et la hollingworthite montre l'équilibre entre eux. La tulameenite est tardive. La photo montre la réaction entre l'isoferroplatine et la tulameenite. Echantillon 58A12b, indice de Bregu i Bibès.
- Photo 6 - Trois phases en équilibre : "malanite rhodifère" (MR), $(\text{Cu}_{0,99}\text{Fe}_{0,1}\text{Ni}_{0,1})_{1,19}(\text{Pt}_{0,92}\text{Rh}_{0,86}\text{Ir}_{0,02})_{1,8}\text{S}_{4,01}$; PtCu_3 (PC3), $(\text{Pt}_{0,82}\text{Pd}_{0,1})_{0,92}(\text{Cu}_{2,97}\text{Fe}_{0,1}\text{Ni}_{0,01})_{3,08}$ et pentlandite (Pn), donnée MEB. Cette association automorphe, accompagnée d'un silicate (Si) est incluse dans la chromite. Echantillon M78/14, indice de Bregu i Bibès.
- Photo 7 - Association complexe d'arséniures et de sulfoarséniures : sperrylite (Sp), $(\text{Pt}_{1,0}\text{Rh}_{0,01}\text{Ir}_{0,01})_{1,02}(\text{As}_{1,95}\text{S}_{0,03})_{1,98}$; hollingworthite (H), $(\text{Rh}_{0,61}\text{Ir}_{0,4}\text{Ru}_{0,02}\text{Os}_{0,02}\text{Pt}_{0,02}\text{Cu}_{0,02})_{0,99}(\text{S}_{1,09}\text{As}_{0,92})_{2,01}$; anduoïte (An), $(\text{Ru}_{0,79}\text{Os}_{0,11}\text{Rh}_{0,04}\text{Ni}_{0,04}\text{Pd}_{0,02}\text{Pt}_{0,01})_{1,01}(\text{As}_{1,98}\text{S}_{0,09})_{1,99}$ et "nickelorhodsité" (NR), $(\text{Ni}_{0,84}\text{Fe}_{0,07}\text{Cu}_{0,01})_{0,92}(\text{Rh}_{1,19}\text{Pd}_{0,66}\text{Ir}_{0,14}\text{Pt}_{0,11}\text{Ru}_{0,06}\text{Os}_{0,02})_{2,18}(\text{As}_{2,27}\text{S}_{1,63})_{2,9}$ incluses dans la chromite (Cr) de l'indice chromifère de Maja e Sukës. L'association hollingworthite-laurite se transforme, sous l'action de fluides riches en As, Pt et Ni. La laurite se transforme en anduoïte et la hollingworthite en partie en sperrylite et "nickelorhodsité". Les fluides ont pénétré le long des fractures qui affectent la chromite. Echantillon 33A1.
- Photo 8 - Détail de l'association de la photo 1 même planche : association tardive des minéraux à base palladium tels que : la keithconnite (K), $(\text{Pd}_{2,92}\text{Fe}_{0,04}\text{Cu}_{0,01})_{2,97}\text{Te}_{1,03}$; le PdCu_2 (PdC2), $(\text{Pd}_{0,97}\text{Pt}_{0,03})_{1,0}\text{Cu}_{2,0}$ et Pd_2Cu (Pd2C) riche en or, $(\text{Pt}_{0,17}\text{Pd}_{1,75})_{1,92}(\text{Cu}_{0,71}\text{Au}_{0,25}\text{Fe}_{0,08}\text{Ni}_{0,04})_{1,08}$. L'association est tardive due à une remobilisation sous l'action de fluides riches à la fois en Pd, Te, Cu et Au.

PLANCHE II-7



CHAPITRE V

V. DISCUSSION GENERALE SUR LA FORMATION DES MGP

V.1. APERÇU SUR LES HYPOTHESES DE FORMATION DES MGP

Plusieurs auteurs ont essayé de donner un modèle sur la formation des MGP

Ainsi, la découverte des MGP dans la chromite a fait que Gijbels et al. (1974), Naldret et Cabri (1976) considèrent les inclusions de MGP dans la chromite comme produits d'exsolution de EGP des chromites. Mais les résultats de notre étude permettent de rejeter Cette hypothèse. Cette hypothèse ne tient pas compte : du fait que la plupart de MGP sont automorphes et non orientés dans la chromite ; la présence d'association biphasé alliage-sulfure ; la présence des associations constituées de plusieurs MGP ; la présence courante d'un silicate qui accompagne les MGP ; l'existence d'un MGP inclu dans un silicate, lui même inclu dans la chromite ou encore l'existence des MGP en dehors de la chromite, interstitiels ou inclus dans les silicates interstitiels.

Hiemstra (1979) pense que le fer métal est une phase collectrice des dépôts riches en P.G.E. des niveaux chromifères du complexe du Bushveld. Il pense que ce fer métal se dissocierait par augmentation de la fugacité en oxygène. Il base son hypothèse sur la présence de ce qu'il appelle des reliques de cristaux d'un alliage fer-platine qui par réaction avec le soufre donnerait un nouvel alliage PtFe et des sulfures de plusieurs EGP

Cette hypothèse, qui fait entrer le fer libéré dans les minéraux magnésiens, n'explique pas dans quels ferromagnésiens. En tout cas, pour le massif de Trovoja il ne entre pas dans les spinelles qui sont à proximité immédiate des MGP, parce que l'on a vu que ces spinelles sont pauvres en fer trivalent.

Un processus semblable a été proposé par Legendre (1982) attribue au nickel métal un rôle important dans le transport et le dépôt des platinoïdes. Sous une fugacité d'oxygène basse, le nickel métal du milieu de formation s'individualise sous forme de gouttelettes. Ces gouttelettes absorbent les

platinoïdes. Cette absorption est induite par le caractère sidérophile des platinoïdes. Sous une augmentation de la fugacité en oxygène le nickel s'oxyde libérant ainsi les platinoïdes qui précipitent sous forme d'alliages de même composition ou sous forme de sulfures si l'activité en soufre du milieu est suffisante.

Dans le deuxième, Legendre fait entrer le nickel dans les olivines qui sont associées aux MGP. Mais il n'explique pas où peut entrer le nickel libéré dans le cas où il n'y a pas d'olivine accompagnant les MGP. C'est notre cas, où les MGP sont soit directement inclus dans la chromite soit accompagnés d'autres silicates tels que le clinopyroxène, l'orthopyroxène, l'amphibole primaire ainsi que la chlorite et plus rarement la serpentine secondaire.

Donc, où va le nickel dans les cas où les MGP sont entourés des minéraux qui sont extrêmement pauvres en nickel?

Dans les deux cas cités ci-dessus, pourquoi observe-t-on des minéraux propres de nickel et de fer tels que la pentlandite, la millerite, la chalcopryrite et la bornite, et des alliages tel que l'awaruite, pourquoi dans certains cas accompagnent-ils les MGP?

Plus tard, Augé (1985) et Augé et al. (1987) pensent que les MGP ont été formés avant la chromite ou de manière plus ou moins contemporaine. Une fois formés les MGP ont été englobés par la chromite. La troisième étape est celle de la concentration de la chromite, où les MGP sont déjà inclus, pour former localement des gisements.

Nous pensons que ce modèle est basé uniquement sur les MGP inclus dans la chromite et n'explique pas la formation des MGP qui se trouvent au contact chromite/silicate ou inclus dans les silicates interstitiels. Il n'explique non plus la présence des silicates qui accompagnent les MGP inclus dans la chromite.

Les modèles ci-dessus ne tiennent donc pas compte de différents stades de formation des MGP, il peut y avoir des MGP précoces et tardifs. Ils ne tiennent pas compte du rôle des fluides dans la formation des MGP et surtout dans celles des MGP tardifs.

V.2. FORMATION DES MGP DANS LE MASSIF DE TROPOJA.

Les MGP sont présents aussi bien dans les cumulats que dans le manteau. Des différences entre le MGP dans le manteau et dans les cumulats ont été mises en évidence. Ces variations impliqueraient différents processus de formation de ces MGP

De même, la détermination de trois types de formation de la minéralisation dans le manteau rendrait compte de différentes conditions de formations de ces types.

Ce qui fait la différence entre la minéralisation en EGP dans le manteau et celle dans les cumulats c'est que le manteau est appauvri en EGP

Pour expliquer cet appauvrissement en EGP des chromitites mantelliques on fait appel à deux hypothèses, déjà proposées :

- soit ces chomitites sont issues d'un liquide appauvri après l'expulsion de liquide issus de la fusion partielle ;

- soit le manteau représente une zone appauvrie des platinoïdes.

L'enrichissement en EGP des cumulats, Page et al. expliquent par l'échappement à la précipitation des EGP, surtout des fusibles, lors de la fusion partielle dans le manteau, faute de conditions physico-chimiques. Ces EGP seront concentrés dans le liquide qui donne naissance aux cumulats.

Ce qu'il y a de commun dans la formation de tous les types de MGP du massif de Tropoja ce sont les faibles teneurs en Fe_2O_3 des spinelles près des MGP par rapport aux spinelles qui en sont éloignés. De ceci on peut concevoir que la précipitation des MGP inclus dans la chromite a eu lieu lors d'un processus de réduction.

La minéralisation en EGP du premier type, dépourvue en éléments fusibles, Rh, Pt, Pd, est formée la première. La présence d'alliages de Os, Ir et Ru et localement de laurite dans des échantillons présentant des amphiboles (hornblende) et incluses dans la chromite et contemporaines de la minéralisation monytre que ce type de minéralisation est formé dans des températures élevées mais qui ne dépassent pas 1050°C (Johan 1986).

L'augmentation de l'activité en soufre peut être due de l'enrichissement locale en chrome, autour des MGP. L'acroissement en volatils peut-être responsable de l'enrichissement en chrome qui peut amener un quantité en

soufre plus importante, suffisante pour favoriser l'apparition d'une laurite, largement dominante, plutôt que d'un alliage.

La formation de la minéralisation de deuxième type est sans doute liée à la présence des sulfures de métaux de base, présence qui laisse envisager une formation de la minéralisation de ce type à la diminution de température. La saturation en soufre étant atteinte localement provoque la précipitation des sulfures enrichis en EGP. Cette précipitation a eu lieu dans des conditions extrêmement réductrices représentées par des teneurs en Fe_2O_3 proches de 0.

L'enrichissement en Pd et en Or de la minéralisation de ce type par rapport aux autres types fait penser que ces éléments précipiteraient plutôt dans ce type de minéralisation. La précipitation de ces éléments est-elle peut-être due à un enrichissement en ces éléments du manteau au Nord par rapport au Sud ou aux conditions plus réductrices et à l'enrichissement en Al de la chromite du secteur A par rapport au secteur C et aux cumulats.

La ressemblance de l'allure du spectre de la minéralisation du type 3 avec celle de la minéralisation du type 4 fait penser aussi d'une ressemblance de leurs conditions de formation. Mais c'est le contraire. La formation de la minéralisation du troisième type se fait dans des conditions beaucoup moins réductrices, le spinelle étant très riche en Fe^{3+} , et d'une plus forte activité en soufre. ceci a fait que les alliages soient absents et la minéralisation soit représentée des deux petites plages (1 μm) de sulfures de Ir, Pt, Rh et Os.

Une forte activité en Rh expliquerait sa présence (0,23%) dans les pentlandite.

Dans le chapitre III, nous avons présenté trois stades de formation de la minéralisation en EGP dans l'indice de Bregu i Bibès. Les alliages appartenants à chacun de ces trois stades sont présentés dans les diagrammes de la figure III.62. Ces stades sont caractéristiques pour l'indice en général, mais ils sont aussi évidents au sein d'un échantillon, même d'une plage poliphasée. Dans le diagramme (Fig. III.63.) chaque trait représente la formation des alliages suivant les stades.

Ici on va essayer d'expliquer les conditions de formation qui ont régnées pendant les trois stades.

Tout d'abord, il faut noter une plus forte fugacité en oxygène et une plus

faible fugacité en soufre dans l'indice de Bregu i Bibès par rapport au manteau, et surtout au secteur A, ce qui a conduit à la précipitation plus abondante des alliages que des sulfures.

Dans le premier stade, basé sur la coexistence des isoferroplatine avec les alliages de Os(+Ru ou de Ir(+Rh) nous avons estimé, d'après le thermomètre de Slansky et al. (1991) (Fig. III.64.), une température de l'ordre de 830 à 850° C lors de la formation de la minéralisation. La quasi absence d'erlichmanite et au contraire, la petite présence de kashinite sont compatibles avec des températures de formations élevées, mais toujours inférieures à celles des gisements mantelliques, pour une fugacité en soufre modéré (Fig. III.65).

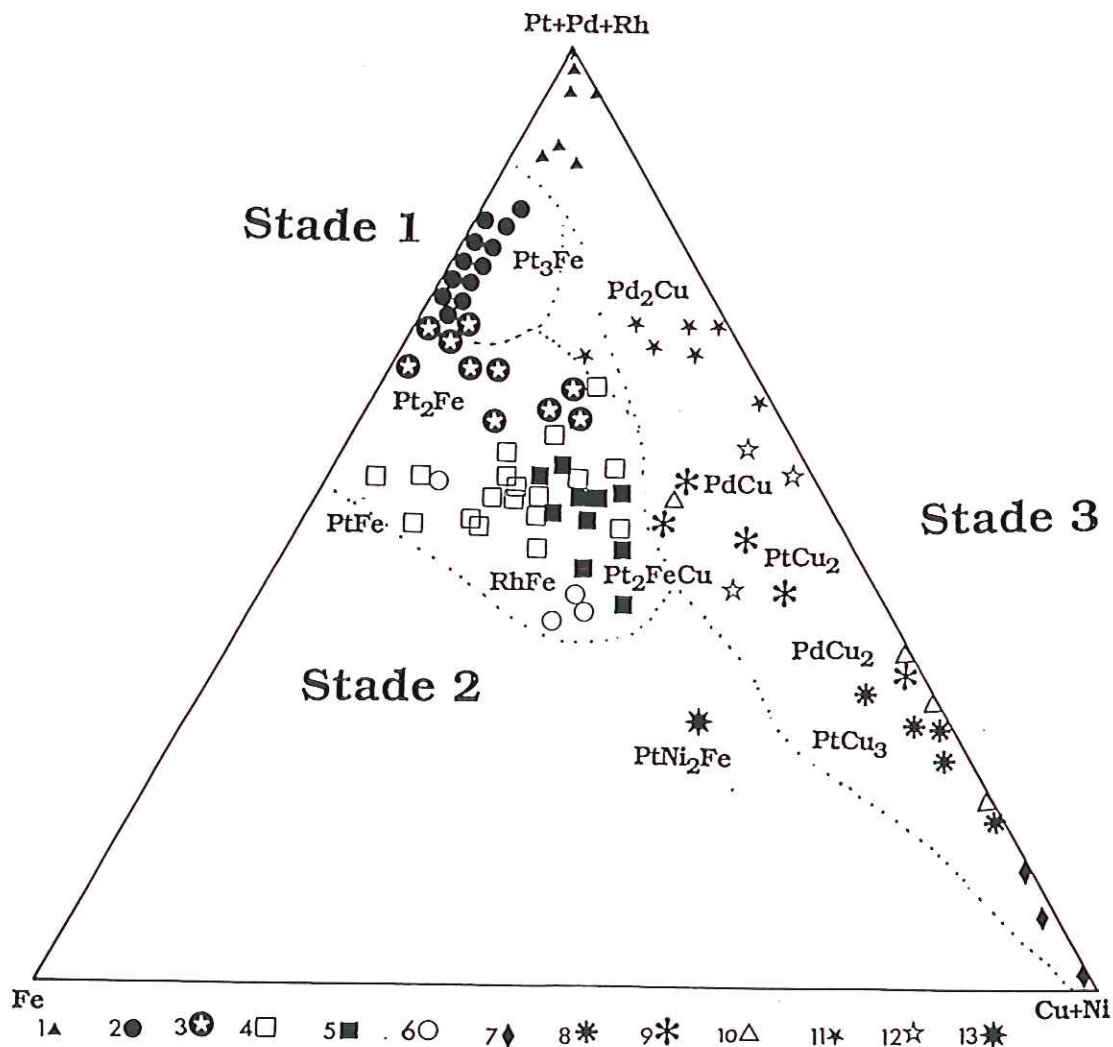


FIGURE III.62. -Trois stades d'évolution des alliages.

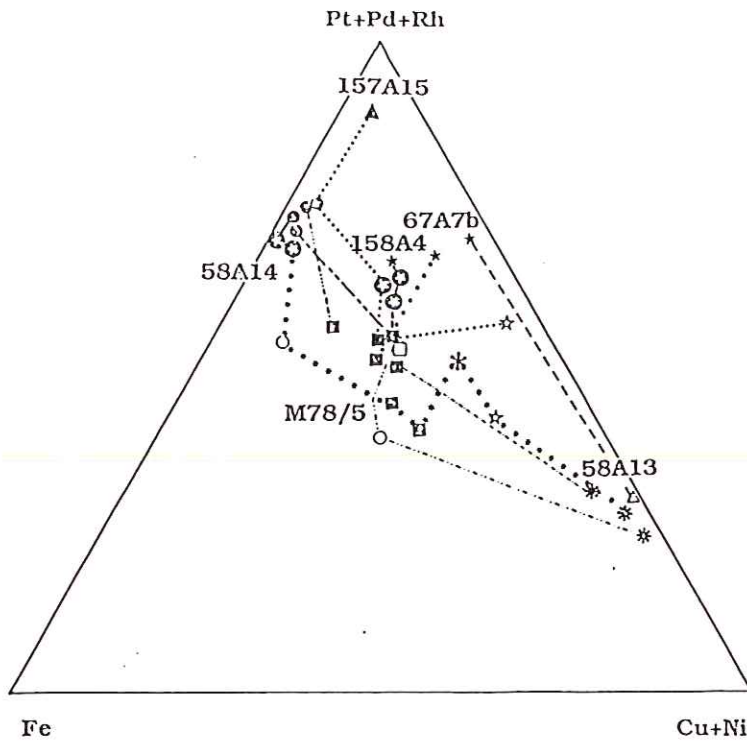


FIGURE III.63. -Diagramme triangulaire Fe-(Pt+Pd+Rh)-(Cu+Ni), exprimant l'évolution des alliages au sein d'un échantillon.

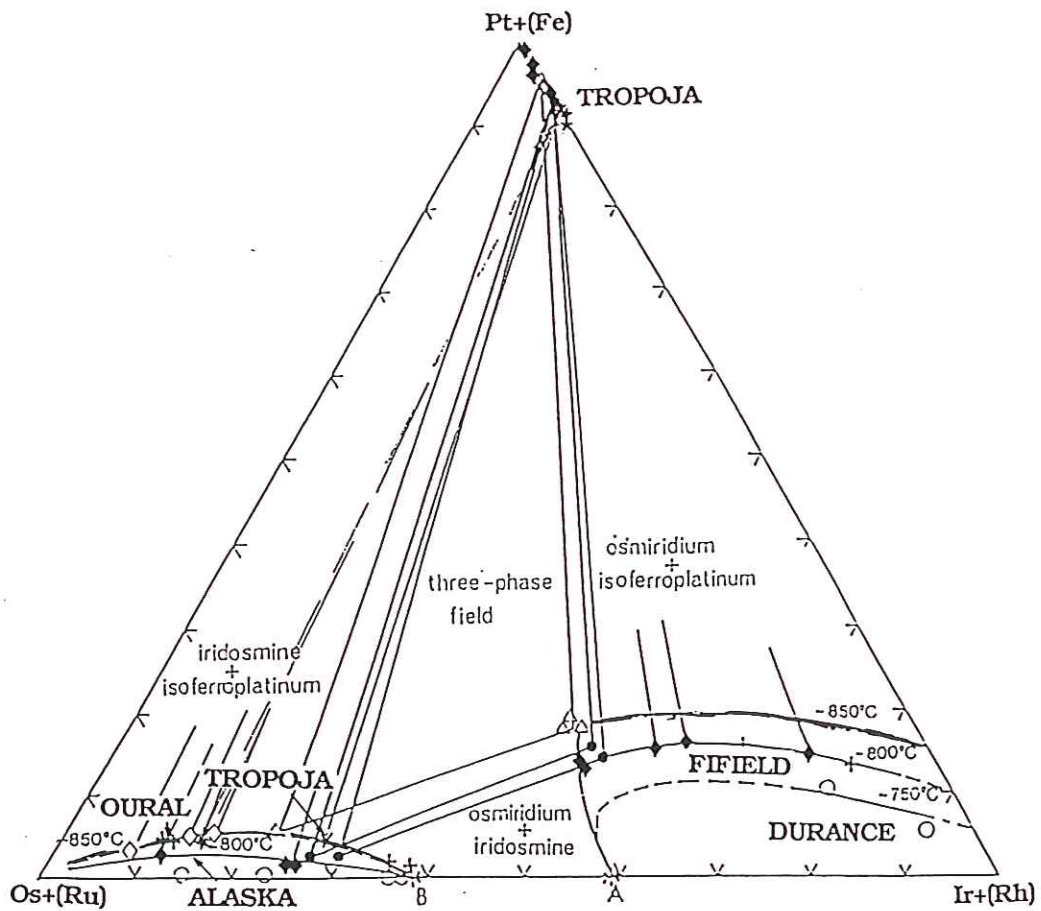


FIGURE III.64. -Diagramme triangulaire Pt+(Fe) - Ir+(Rh) - Os+(Ru). Thermomètre de Slansky et al., (1991).

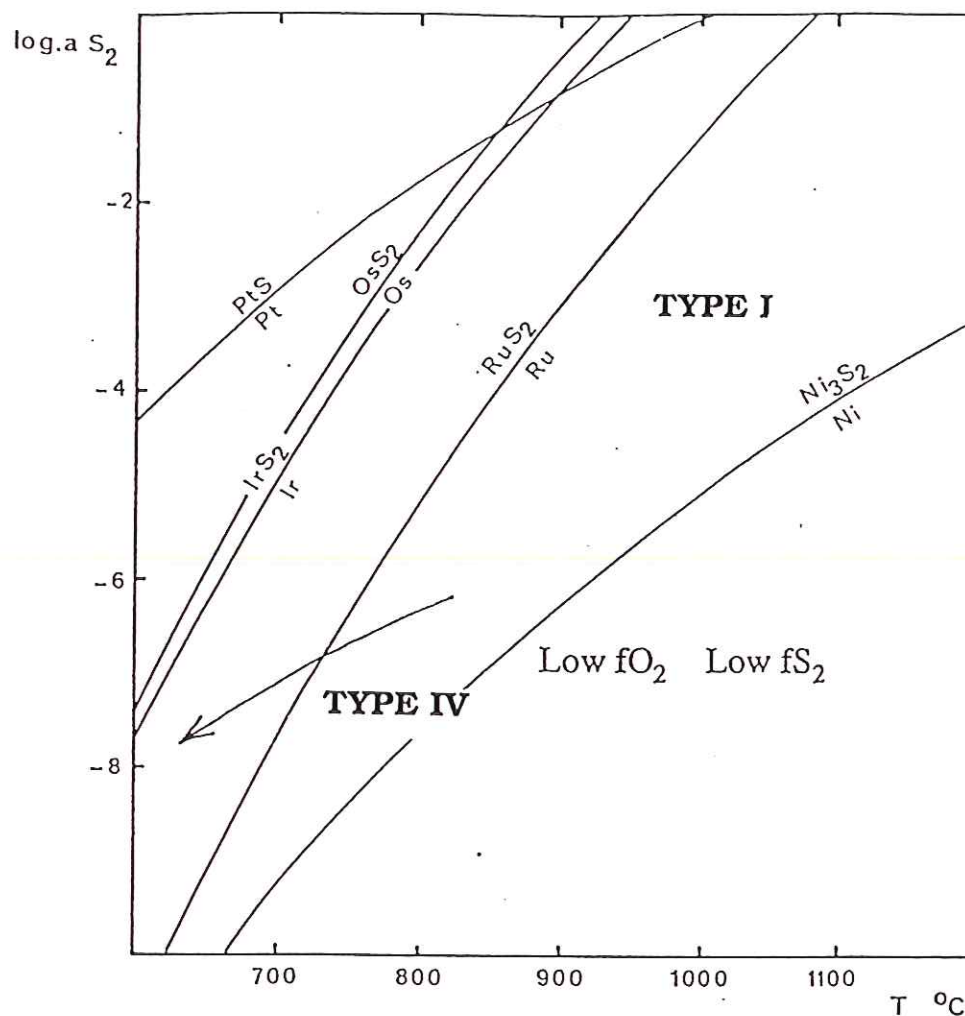


FIGURE III.65. - Courbes de transformation des métaux en sulfures. Legendre (1982).

A la température de coexistence des isoferroplatines avec les alliages de Os et de Ir, donc à 850° C, le log de l'activité en soufre est de l'ordre de -2.

La présence de kashinite dans le premier stade de minéralisation rendrait compte de la faible teneur en Ir des laurites cumulatives comparées à celles du manteau.

Pour la minéralisation du deuxième stade, l'augmentation du rapport Fe/(Pt+Fe) avec le temps, des alliages enrichis en Pt, isoferroplatine de hautes températures, aux alliages appauvris en Pt, tétraferroplatine de plus basses températures, ainsi que dans chaque espèce est compatible avec une chute de fugacité en soufre, comme l'indique la position des courbes de réaction $-\log fS_2$ en fonction de température (Yevstigneyeva et al. 1989) (Fig. III.66.).

Elle est aussi compatible avec une augmentation de la fugacité en oxygène lors de la succession de différents stades minéralisants (Jamieson 1992). Elle est également compatible avec l'augmentation, avec le temps, de Fe^{3+} dans les spinelles. La diminution de température fait atteindre les domaines de stabilité de la cooperite et de la braggite (Fig. III.65). Ceci est exprimé par la

cristallisation tardive de ces derniers dans la bordure des alliages, et surtout de Pt_2Fe et de tétraferroplatine.

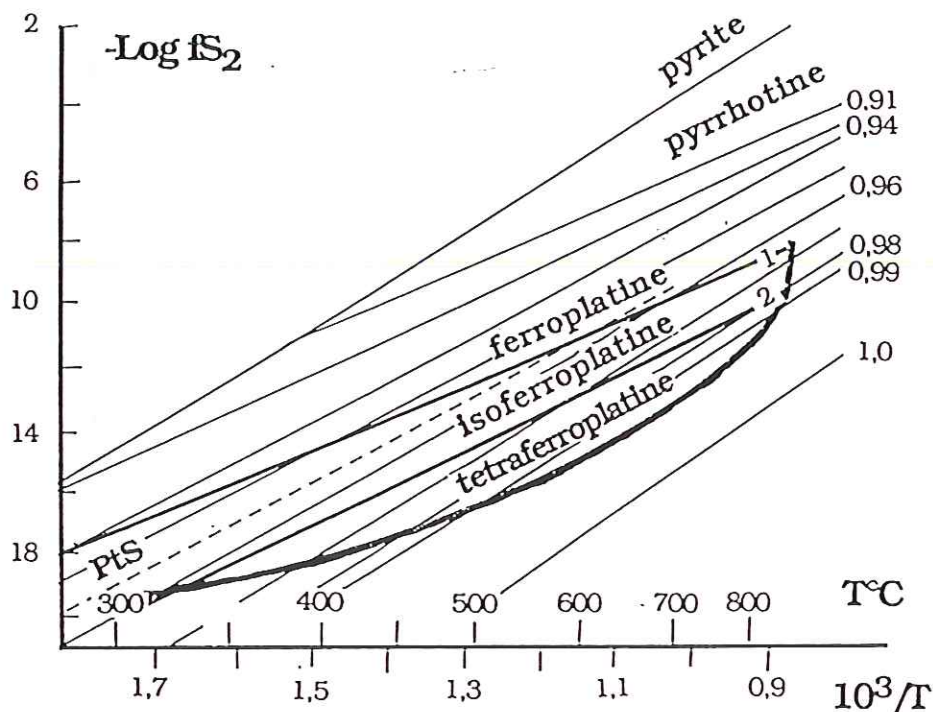


FIGURE III.66. -Variation de $f\text{S}_2$ en fonction de la température, d'après Yevstigneyeva et al., (1989).

Pour le dernier stade, nous avons une recristallisation locale des alliages en tellures et arséniures. Cette recristallisation témoigne de réactions entre les MGP précoces (alliages) et les fluides résiduels tardifs riches en Te, As et S.

Ce métamorphisme de basse température serait responsable de la précipitation de Pd, qui auparavant était concentré dans les fluides résiduels riches en Te, As et S, sous formes de minéraux palladifères, surtout d'alliages de Pd-Cu, et moins de tellures.

QUATRIEME PARTIE

CONCULSIONS GENERALES ET
BIBLIOGRAPHIE

CONCLUSIONS GENERALES

Cette thèse a eu pour objet l'étude des gisements de chromite et des minéralisations en éléments du groupe du platine (EGP) qui leur sont associés dans le massif de Tropoja, Albanie, afin d'en dégager les caractéristiques et un modèle de formation. Au cours de ces travaux, nous avons été amené à considérer également l'encaissant des minéralisations constitué soit de harzburgites mantelliques, soit de cumulats. Des variations lithologiques et géochimiques, parallèles à l'axe d'accrétion NW-SE, mais aussi orthogonales à cet axe, ont été mises en évidence. Elles témoignent de modifications importantes des conditions magmatiques qui ne sont pas sans conséquence sur la genèse des minéralisations platinifères. Ces différents résultats ont été discutés dans le cadre de l'évolution géodynamique des ophiolites albanaises.

Les ophiolites des Albanides, formant avec les formations volcano-sédimentaires associées, la nappe de Mirdita, se répartissent en deux ceintures parallèles, d'âge Jurassique: l'une orientale et l'autre occidentale, qui se prolongent en Yougoslavie et en Grèce. Leurs caractéristiques pétrologiques correspondent aux deux types d'ophiolites de Rocci et al. (1975). Le magmatisme de la ceinture occidentale (ophiolites de type I) a des affinités avec le magmatisme issu des dorsales médio-océaniques, celui de la ceinture orientale (ophiolites de type II) montre des ressemblances avec le magmatisme des arcs insulaires immatures (Beccaluva et al., 1979). Le potentiel métallogénique des ophiolites de la ceinture orientale est élevé, comparé à celui de la ceinture occidentale. En effet, les gisements de chromite appartiennent quasi exclusivement à la ceinture orientale.

A la division E-W des ophiolites, se surimposent des variations N-S le long de chaque ceinture. En Albanie, on oppose les ophiolites du secteur septentrional à celles du secteur méridional, de part et d'autre de la transversale Labinot-Dibër. Celles du Nord, auxquelles appartiennent les massifs de Tropoja et de Bulqiza ont un potentiel métallogénique plus élevé que les ophiolites du secteur sud. Ainsi, le massif de Tropoja comporte de nombreux gisements de chromite qui contribuent pour le cinquième à la production de chromite albanaise, la majeure partie de la production étant assurée par les gisements du massif de Bulqiza.

Deux hypothèses sont avancées pour expliquer la mise en place des deux ceintures ophiolitiques de la chaîne Dinaro-Albano-Hellénique.

Selon la première, les ophiolites proviendraient de la croûte océanique de la Téthys obductée lors de la convergence entre la plaque africaine au Sud et la plaque euroasiatique au Nord (Dercourt, 1972; Dimitrijević et al., 1973; Aubouin et al., 1977; Charvet, 1978; Cadet et al., 1980; Ferrière, 1982; Pamić, 1983; Bonneau, 1984; Knipper et al., 1986; Ricou et al., 1986; Çollaku et al., 1992). Ce rapprochement s'est effectué à partir du Jurassique supérieur et s'est achevé par une collision continentale à l'Eocène. Selon Kodra (1989), la double ceinture ophiolitique proviendrait du bassin de Mirdita, bassin bordée de marges passives qui sont ensuite devenues actives. La ceinture occidentale se serait formée avant la ceinture orientale.

Selon la deuxième hypothèse, les ophiolites pourraient être issues de deux bassins océaniques de taille limitée (Mercier et al., 1975; Smith et al., 1976 et 1984; Vergely, 1977; Bebien et al., 1980; Karamata et al., 1980; Kodra et al., 1982; Kodra 1989; Shallo et al., 1990; Vergely et al., 1991). Le bassin du Vardar serait situé à l'Est du talus Golija-Korab et de la zone Pélagonienne, et l'autre bassin à l'Ouest. Selon cette hypothèse, les ophiolites orientales se seraient mises en place sur la bordure orientale du continent pélagonien pendant le Jurassique supérieur (Vergely, 1977), alors que les ophiolites occidentales auraient été charriées sur la bordure ouest de ce même continent, mais plus tard, pendant le Crétacé inférieur, au Berriasien (Vergely, 1977; Smith et al., 1984).

Evolution pétrologique du massif de Tropoja.

Le massif de Tropoja est situé dans le prolongement des ceintures orientale et occidentale. La pile ophiolitique a une puissance de 2,5 à 3 km environ. Les données géophysiques (Langora et al., 1983) indiquent que le massif de Tropoja se prolongerait jusqu'à 14km en profondeur, un fait en faveur d'un enracinement des ophiolites dans le bassin de Mirdita.

Les ophiolites reposent sur le socle par l'intermédiaire d'une semelle métamorphique comprenant des amphibolites intercalées avec des métasédiments. Comme dans de nombreux massifs ophiolitiques, le protolite des

écaillés métamorphiques infra-ophiolitiques serait issu d'un bassin intra-continental, antérieur à la formation du bassin ophiolitique. La richesse en titane (1.5%) des metabasites, dont les amphibolites, qui contraste avec la teneur en titane des laves ophiolitiques (0,4%) est compatible avec cette hypothèse.

Les ophiolites de Tropoja sont constituées d'un manteau profond harzburgitique qui renferme, dans sa partie supérieure ou zone de transition, des gisements de chromite, particulièrement abondants à l'Est et au Sud-Est du massif, et peu de dunites. Cette zone de transition est surmontée de cumulats bien développés à l'Ouest et surtout au Sud du massif. Les formations sommitales sont constituées de dykes recoupant les plagiogranites et de roches effusives. Ainsi, une séquence ophiolitique complète peut être reconstruite à partir des différentes formations du massif de Tropoja. Toutefois, il existe de grandes variations d'un point à l'autre du massif, dans la nature et la puissance des unités lithologiques, dont les cumulats, ainsi que dans la répartition des gisements de chromite.

Trois secteurs peuvent être définis dans le massif de Tropoja de part et d'autre d'une ligne NE-SW passant au Nord des cumulats de Vlad et de Bregu i Bibës. Les secteurs septentrionaux A et B sont constitués d'une écaille de manteau, recouverte à l'Ouest (secteur B), par des formations effusives. Le secteur A, qui serait stratigraphiquement situé sous le secteur B, présente de nombreux gisements de chromite. Le secteur méridional C comporte une écaille de péridotites mantelliques, renfermant les plus gros gisements de chromite. Elle est bordée au Nord, par les complexes cumulatifs de Bregu i Bibës et de Vlad, et au Sud, par ceux de Kam. Les affleurements de cumulats dessinent une double bande orientée NE-SW, c.a.d. en position transverse par rapport à la ceinture ophiolitique.

Dans le massif de Tropoja, la foliation du manteau, orientée NW-SE, est peu inclinée. Des ondulations souples d'axe NW-SE, dues aux compressions lors de la mise en place du massif, l'affectent. Une mégastucture synclinale située au cœur du secteur A (l'axe du synclinal passe par Maja e Brajkut), se prolonge au Sud du massif dans le secteur C et s'amortit vers le Nord (secteur de Mejdan). Plusieurs anticlinaux et synclinaux de moindre importance existent de part et d'autre de ce synclinal majeur. Ils compliquent la stratigraphie du manteau et,

en particulier la reconnaissance des niveaux enrichis en chromite, en provoquant des redoublements.

Dans la partie nord-ouest du massif (secteurs A et B) les structures tournent brutalement pour devenir orientées N-S, puis NE-SW. L'important gisement de Rragam-1 est situé dans la virgation. Lorsque la foliation du manteau est orientée NE-SW, il est dépourvu de gisement de chromite à la différence des zones situées plus au Sud où la direction de la foliation est NW-SE. Ceci illustre l'importance des zones transverses sur le potentiel métallogénique des massifs qu'ils délimitent.

Les cumulats sont discordants par rapport au manteau (secteur C). La discordance angulaire entre le rubanement des cumulats et la foliation du manteau s'accuse en s'éloignant du Moho. L'attitude du rubanement varie aussi selon les massifs considérés: le pendage des cumulats de Stoberdë étant plus faible que celui du Sud de Kam. L'allongement des paléochambres magmatiques est souvent orienté NE-SW, c'est à dire à 90° de la direction de la ceinture ophiolitique, et donc de l'axe d'accrétion majeur.

Dans le manteau, deux coupes orientées NE-SW, l'une dans le secteur A et l'autre dans le secteur B, mettent en évidence une augmentation des teneurs en Al_2O_3 vers l'Est. Les teneurs en Al_2O_3 des spinelles des harburgites augmentent de 10 à 20% et de 20 à 30%, respectivement dans les secteurs B et A. Les teneurs en Al_2O_3 des spinelles sont corrélées positivement à celles des orthopyroxènes. Ces derniers, lorsqu'ils proviennent de la partie occidentale du secteur B, sont quasiment dépourvus d'alumine. Ceux situés dans la partie orientale du secteur A atteignent 3% d'alumine. L'évolution des teneurs d' Al_2O_3 indiquerait que le taux de fusion partielle du manteau a été plus important dans la partie supérieure de la séquence mantellique (secteur B). L'augmentation de l'alumine avec la profondeur est conforme à ce qui est observé dans les péridotites ophiolitiques de l'Oman et de Terre Neuve.

La diminution d' Al_2O_3 dans les spinelles s'accompagne d'une augmentation de Cr_2O_3 , mais aussi de Ti, Fe^{3+} et de $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$. Si l'augmentation de Cr est compatible avec un processus de fusion (Evans et al., 1975; Mysen et al., 1977; Jaques et al. 1980), en revanche celle du fer et du titane ne cadre pas avec ce processus. Par ailleurs, l'augmentation en chrome dans les

spinelles de la partie B n'est pas accompagnée d'une augmentation en chrome dans les orthopyroxènes. Ceci témoigne de conditions différentes de partage du chrome entre spinelle et orthopyroxène dans les secteurs A et B, et donc d'une évolution des conditions de fusion.

De même, des variations parallèles à l'axe d'accrétion majeur NW-SE sont également mises en évidence, qui pourraient être contrôlées par le jeu des accidents transverses. Ainsi, la composition du manteau, encaissant des gisements de chromite, varie du secteur A au secteur C. Les concentrations d'Al, Mg et Ni plus faibles dans le secteur C que dans le secteur A, et au contraire, les teneurs plus élevées en Ca, Ti et V indiqueraient que la fusion a été plus hydratée au Sud qu'au Nord.

Dans les cumulats, restreints au secteur C, des variations ont été mises en évidence en opposant les massifs de Bregu i Bibës et Kam-Helshan. La séquence de Bregu i Bibës est constituée de dunite, pyroxénites, mélagabbro, norite et ferrogabbro alors que celle de Kam comporte, au-dessus des dunites, des harzburgites plagifères, des wehrlites, des lherzolites, puis des gabbros à olivine et gabbro-norite. La composition des pyroxènes, de même que celle des spinelles, montrent un enrichissement plus prononcé en Al, Fe, Mn et Ti des cumulats de Bregu i Bibës, liés à l'existence d'un magma enrichi en ces mêmes éléments.

Les massifs de cumulats au Nord et au Sud du secteur C proviendraient du fonctionnement de plusieurs chambres magmatiques alimentées par des magmas de composition différente.

Les dunites sont formées par un mode d'emplacement mettant en oeuvre un processus métasomatique par l'élargissement du domaine de stabilité de l'olivine par suite d'une forte pression partielle de H_2O (Kushiro, 1972). L'interaction d'un liquide riche en H_2O et volatils avec la harzburgite aboutit à une dissolution de l'orthopyroxène et à un rééquilibrage de l'olivine des harzburgites.

Le massif de Tropoja peut être rattaché à la ceinture orientale des ophiolites albanaises, compte tenu de la nature des roches et de la composition des minéraux. Il s'oppose aux ophiolites de la ceinture occidentale (Çina et al., 1986), dont le massif de Gomsiqe (Tërshana, 1982), par la présence d'un manteau plus appauvri, harzburgitique, composé de minéraux très magnésiens ($Fo > 90$), de gisements de chromite et de concentrations de platine, de laves pauvres en

titane et par l'apparition plus tardive du plagioclase au liquidus. Les cumulats de Tropoja sont également plus réfractaires que ceux de Gomsiqe. Dans ces derniers, la composition des clinopyroxènes atteint le domaine des hédénbergite-ferrohédénbergite, alors qu'à Tropoja, il s'agit le plus souvent de clinopyroxènes calciques et magnésiens: diopside et endiopside évoluant vers des salite et augite.

Les gisements de chromite du massif de Tropoja.

Quatre niveaux minéralisés en chromite peuvent être définis dans le massif ophiolitique de Tropoja: un dans le manteau profond, deux dans la zone de transition et un dans les cumulats. La stratigraphie a été définie dans le secteur A et appliquée ensuite au secteur C. Ceux sont les gisements de la zone de transition qui présentent un intérêt économique, en particulier ceux du niveau 2, les gisements les plus volumineux appartenant au secteur C. Le secteur B ne présente que quelques gisements mais l'un d'entre eux est volumineux, celui de Tpla (100000 tonnes). Les gisements sont accompagnés de dunite dont la proportion augmente vers le haut de la séquence mantellique.

Dans les cumulats de Bregu i Bibës et de Kam-Helshan, les indices de chromite sont situés dans des environnements différents. Dans le premier cas, les concentrations de chromite se trouvent à l'interface dunite-pyroxénite, tandis que dans le second, les chromitites sont interstratifiées dans les dunites basales (indices de Maja e Sukës et de Skatinë-Gëzhime).

La morphologie et la taille des gisements de chromite mantellique sont extrêmement variables. Des formes en "crayon" bien aplati ou en "boudin" ont été observées, de même que des corps tabulaires ou en podes. Les gisements sont dans la majorité des cas concordants suivant la classification de Cassard (1980). Des gisements subconcordants sont également bien développés dans le secteur A. La disposition structurale de gisements concordants, subconcordants et discordants a été illustrée à partir de l'étude de trois gisements, respectivement Rragam-1, Rragam-2 et Dunishë. Les corps minéralisés s'amincissent beaucoup selon leur direction d'allongement, mais ils ne sont pas biseautés (gisement Çabrat-4 et l'indice de Lugu i Dërrasave). Un même corps minéralisé peut être

concordant dans un endroit et discordant dans un autre (gisement Tpla). Ceci souligne la contemporanéité des gisements, les filons discordants servant de relai et de filon nourricier entre les podes concordants.

Les gisements stratiformes sont constitués de lits de chromite et de dunite interstratifiés, d'épaisseur centimétrique à métrique. Le passage dunite-chromite est généralement progressif. Il se fait par l'intermédiaire d'une dunite à chromite disséminée devenant de plus en plus riche en chromite vers le lit de chromite supérieur. Plusieurs structures sédimentaires peuvent être observées à la base des lits de chromite telles les stratifications entrecroisées.

Toutes les variétés de textures de minerai observées de par le monde peuvent être reconnues à Tropoja: textures massive, disséminée, rubanée, nodulaire, antinodulaire, annulaire et en schlieren. Plusieurs textures peuvent exister dans le même gisement avec une prédominance possible d'une texture sur les autres.

La composition chimique des chromites des gisements mantelliques varie selon les secteurs. La projection de leur composition dans le diagramme $Mg/(Mg+Fe^{2+})$ et $Cr/(Cr+Al+Fe^{3+})$ dessine une enveloppe allongée mettant en évidence une corrélation négative entre ces deux rapports. Les spinelles chromifères des gisements du secteur B, à la partie supérieure du manteau, sont enrichis en mole de magnésio-chromite $MgCr_2O_4$, et ceux du secteur C en mole d'hercynite $FeAl_2O_4$, le secteur A occupant une zone intermédiaire. Ainsi dans le manteau, des gisements profonds aux gisements superficiels, il y aurait une augmentation de Mg et Cr, comme pour les spinelles accessoires des harzburgites.

Dans chaque secteur, dans un niveau minéralisé donné ou un gisement, c'est une corrélation inverse que l'on observe, avec la variation opposée du pourcentage de moles de chromite et de spinelle. Ainsi, dans le secteur B, les quatre gisements étudiés montrent des variations de $Mg/(Mg+Fe^{2+})$ de 77 à 82, pour des variations de $Cr/(Cr+Al+Fe^{3+})$ de 63 à 75.

L'ampleur des variations du pourcentage de moles de $MgAl_2O_4$ ou de $FeCr_2O_4$ est voisine dans tous les gisements considérés sauf ceux enrichis en platine (voir plus loin). Au Nord du massif, l'enrichissement en mole de

MgCr_2O_4 s'accompagne d'une augmentation de Fe^{3+} .

Au cours de l'évolution du système minéralisant, la cristallisation des chromites et des olivines a provoqué l'augmentation des fluides résiduels enrichis en Ti et celle de la fugacité en oxygène, responsable de l'oxydation du Fe^{2+} en Fe^{3+} . La précipitation des spinelles chromifères enrichis en Fe^{3+} , a provoqué, à son tour, la diminution de Fe^{2+} dans le système minéralisant, et par suite l'augmentation de $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+})$ dans les minéraux avec la stratigraphie.

Les chromites du secteur C contrastent avec celles des secteurs A et B par leur richesse en Fe^{3+} qui, là encore, rappelle l'enrichissement en Fe^{3+} des spinelles accessoires du manteau dans le secteur C. La $f\text{O}_2$ semble donc avoir été plus forte au Sud du massif de Tropoja qu'au Nord, de part et d'autre de la zone transverse Vlad, Bregu i Bibës, et ceci en accord avec l'hypothèse d'une fusion plus hydratée au Sud.

Il n'y a pas de variation systématique de la composition des chromites en fonction de la texture. Dans le secteur C, les chromites disséminées apparaissent souvent plus riches en Al que les chromitites massives, qui leur sont postérieures. Ainsi, dans le secteur A, le minerai massif du gisement Çabrat-1, est beaucoup plus riche en Al ($27 < 100 \times \text{Al}/(\text{Al}+\text{Cr}+\text{Fe}^{3+}) < 33$) et moins riche en Mg ($57 < 100 \times \text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+}) < 63$) que le minerai disséminé (échantillon 143A) du même gisement ($100 \times \text{Al}/(\text{Al}+\text{Cr}+\text{Fe}^{3+}) = 21$; $71 < 100 \times \text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+}) < 74$). Dans le gisement Ura e Kamenës (niveau 3) c'est le minerai nodulaire qui est plus enrichi en Al que le minerai massif.

Dans le secteur C, la teneur en chrome des chromitites cumulatives est comparable à celle des gisements de chromite situés dans la partie supérieure du manteau. Les gisements cumulatifs montrent une très grande variation de rapport $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+})$ pour de très faibles variations du rapport $\text{Cr}/(\text{Cr}+\text{Al}+\text{Fe}^{3+})$.

L'hypothèse génétique développée pour les gisements de chromite du massif de Tropoja, basée sur les résultats obtenus dans le cadre de cette étude suppose : l'existence d'une chambre magmatique inférieure à gradient de température conduisant à un enrichissement de la partie sommitale de cette chambre en éléments volatils et en H_2O ; la formation des gisements de chromite à partir d'une phase riche en fluides et volatils qui dépose la chromite et génère les dunites d'épentes par unité d'une ouverture du toit de la chambre

inférieure; La formation des dunites de la zone de transition qui succède à la mise en place des chromitites.

Les minéralisations en éléments du groupe du platine (EGP).

Quatre types de minéralisation en EGP (trois dans le manteau, une dans les cumulats) ont été mises en évidence dans les ophiolites de Tropoja. Ces gisements ont été définis d'après leur position stratigraphique, la répartition des EGP et la nature des minéraux porteurs d'EGP. Trois minéralisations sont enrichies en Pt et Pd.

Toutes les minéralisations sont associées à des chromitites qui leur sont donc liées d'un point de vue génétique. Le rôle des sulfures de métaux de base n'est pas non plus négligeable, eu égard à leur présence dans une des minéralisations du manteau (deuxième type).

121 roches ont été analysées pour Pt et Pd, et 110 échantillons observés au microscope pour la recherche des minéraux du groupe du platine (MGP). Parmi ces échantillons, pratiquement tous ceux de l'indice de cumulat de Bregu i Bibës contiennent des MGP (23 échantillons). Des MGP ont été trouvés dans 1/3 des échantillons du manteau (22 échantillons). 215 plages de MGP ont été observées (2 plages en moyenne par échantillon, pour le manteau et 5, pour les cumulats).

Le premier type de minéralisation en EGP est situé dans les chromites du manteau. C'est une minéralisation enrichie en Os, Ru et Ir, qui présente donc un spectre d'EGP à pente négative, couramment observé dans les ophiolites (Legendre 1982, Prichard et al. 1988). Les minéraux porteurs sont des sulfures, telle la laurite, et des alliages de Os, Ru et Ir.

Le deuxième type de minéralisation est palladifère (Pd jusqu'à 720ppb; Pt/Pd \approx 0,3). Il a été trouvé dans trois gisements de chromite (Çabrat-4, Çabrat-1, Qafa e Milicës) dont les teneurs en alumine ($12 < \text{Al}_2\text{O}_3 < 26$) contrastent avec les gisements de chromite stériles en Pt (gisement Rragam-2, Pt=10 ppb) ($8 < \text{Al}_2\text{O}_3 < 14$). Ces gisements sont localisés dans la zone de transition du secteur A. Le spectre des EGP a une pente positive qui est toutefois marquée par une légère anomalie positive de Ru. Dans les échantillons étudiés, seul un petit grain

(<1µm) d'un alliage de Pt et Fe a été observé dans des sulfures de métaux de base. Ce sont ces derniers, essentiellement des millerite et pentlandite, qui renfermeraient les EGP ainsi que l'indiquent les teneurs de Pd (0,33), Pt (0,19%), Rh (0,24%) et Os (0,21%) d'une pentlandite. Ces sulfures sont inclus dans la chromite ou en interstices entre les grains. Cette minéralisation de Tropoja ressemble étroitement à la minéralisation palladifère du massif de Bulqiza (Çina 1989; Ohnenstetter et al., 1991; Karaj, 1992) à cause de la prépondérance de pentlandite par rapport aux autres sulfures, la rareté des MGP, le rapport Pt/Pd voisin de 0.3, l'enrichissement or et les teneurs élevées en alumine des chromites hôtes. La présence de sulfures liés au EGP rappelle les minéralisations des lopolites, en particulier, celles enrichies en chromite (Merensky Reef).

Le troisième type de minéralisation est platinifère (Pt jusqu'à 200ppb; Pt/Pd=15). Il est situé dans des chromitites du manteau du secteur C: dans l'indice de Leniq, à proximité du Moho, et dans un des podes du gisement de Kam (zone de transition). Le spectre des EGP du gisement de Kam a une pente positive de Os jusqu'à Pt, puis une pente négative. L'allure de ce spectre ressemble étroitement à celui des cumulats minéralisés de Bregu i Bibës (4^{ème} type de minéralisation) mais les teneurs en Pt sont beaucoup plus faibles. Seul, un sulfure d'Ir, de Pt et d'Os a été trouvé.

Le quatrième type de minéralisation est platinifère (Pt jusqu'à 11,4 ppm; Pt/Pd jusqu'à 86). Il est situé dans les cumulats du massif de Bregu i Bibës (région de Stoberdë). L'horizon minéralisé est situé à l'interface dunite-pyroxénite mais il est discontinu et montre des teneurs de Pt variables. L'allure du spectre est positif avec une très forte anomalie en Pt qui contraste avec la faible anomalie en Pd et Au. Dans cet indice, le lien entre minéralisation platinifère et minéralisation chromifère est illustré par la bonne corrélation entre teneurs en Cr₂O₃ et en (Pt+Pd) des roches minéralisées. 84% des P.G.M. sont inclus dans la chromite. Les autres ont été observés au contact de la chromite avec les silicates interstitiels (12%) ou en inclusion dans ces derniers (4%). Les plages de MGP sont soit monophasées (68%), soit pluriphasées. Les inclusions de MGP peuvent être accompagnées de silicates automorphes.

Il existe une corrélation positive entre le nombre de MGP et la teneur de (Pt + Pd). Dans un échantillon (Pt+Pd) = 9100 ppb, 13 plages de MGP ont été

recencées. 46% des plages de PGM ont une taille inférieure à 20 μm . 16% sont très grands avec une surface comprise entre 100 et 500 μm^2 , les MGP se situant alors au contact chromite/silicates. Une corrélation positive a pu être mise en évidence entre les teneurs de (Pt + Pd) et la surface moyenne des grains. Ceci indique que la formation des anomalies en EGP s'accompagne de processus thermodynamiques particuliers responsables de l'augmentation de taille des MGP.

La minéralisation en EGP de l'indice de Bregu i Bibès est représentée dans 68% des cas par des alliages. Les autres minéraux sont des sulfures (28%), essentiellement de la laurite (20%), des sulfoarséniures, des arséniures et des tellurures (4%). Parmi les alliages, l'isoferroplatine domine (45% des alliages). Les autres alliages sont: le tétraferroplatine, la tulameenite, des alliages de Pt riches en Cu et Ni, des alliages de Pd et Cu, les alliages d'Os, d'Ir, et de Ru et des métaux natifs.

Dans la minéralisation de Bregu i Bibès, trois stades de minéralisation en EGP ont pu être mis en évidence, quelquefois dans le même échantillon:

Le premier stade est caractérisé par la précipitation de laurite $\text{Ru}_{1,0}\text{S}_{2,0}$; $(\text{Ru}_{0,8}\text{Os}_{0,2})\text{S}_{2,0}$ et d'osmium $(\text{Os}_{0,7}\text{Ru}_{0,2}\text{Ir}_{0,1})$ accompagnés par l'isoferroplatine $(\text{Pt}_{2,6}\text{Rh}_{0,2}\text{Ir}_{0,1})(\text{Fe}_{1,0}\text{Cu}_{0,1})$. Localement il existe de la kashinite (Ir_2S_3) , $(\text{Ir}_{0,8}\text{Cu}_{0,5}\text{Rh}_{0,3}\text{Ru}_{0,2}\text{Pt}_{0,1}\text{Fe}_{0,1})\text{S}_{3,0}$.

Lors du deuxième stade, la précipitation d'isoferroplatine $(\text{Pt}_{2,6}\text{Pd}_{0,3}\text{Rh}_{0,1})(\text{Fe}_{0,6}\text{Cu}_{0,3}\text{Ni}_{0,1})$ est suivie de l'apparition d'un composé de formule Pt_2Fe , $(\text{Pt}_{1,7}\text{Pd}_{0,2})(\text{Fe}_{0,5}\text{Ni}_{0,4}\text{Cu}_{0,1})$, du tétraferroplatine $\text{Pt}_{1,0}(\text{Fe}_{0,8}\text{Cu}_{0,1}\text{Ni}_{0,01})$ et de la tulameenite $(\text{Pt}_{1,9}\text{Pd}_{0,1})(\text{Fe}_{1,1}\text{Cu}_{0,9})$. Des sulfoarséniures sont présents, dont la hollingworthite $(\text{Rh}_{0,72}\text{Ir}_{0,13}\text{Ni}_{0,09}\text{Pd}_{0,08}\text{Pt}_{0,04}\text{Os}_{0,02})(\text{S}_{0,97}\text{As}_{0,94}\text{Sb}_{0,01})$ qui a cristallisé avant la tulameenite. Localement des sulfures de Pt et/ou de Pd tels que la cooperite et la braggite existent en association avec le tétraferroplatine.

Le troisième stade est caractérisé par la précipitation d'alliages riches en palladium et cuivre à côté du platine natif. Ils sont accompagnés de sulfoarséniures, arséniures et tellurures.

L'activité en rhodium, très forte durant ces trois stades minéralisants rend compte des solutions solides étendues de Rh dans les alliages de Pt-Fe et les

braggites, et de la précipitation de minéraux propres: hollingworthite, alliage de Rh et Fe constituant un équivalent rhodifère du tétraferroplatine ($\text{Rh}_{0,67}\text{Pt}_{0,21}\text{Pd}_{0,14}$)($\text{Fe}_{0,66}\text{Cu}_{0,31}\text{Ni}_{0,01}$), et tellure ($\text{Rh}_{0,77}\text{Cu}_{0,11}\text{Pd}_{0,09}\text{Hg}_{0,02}$)($\text{Te}_{0,99}\text{Sb}_{0,01}$). La succession de ces trois stades de minéralisation est par ailleurs caractérisée par une diminution du rapport Pt/Fe et une augmentation de (Ni+Cu) dont les teneurs peuvent atteindre, respectivement 1,7% et 7,2% dans l'isoferroplatine, et 8,6% et 7,8 dans le tétraferroplatine.

La minéralisation en EGP de l'indice de Bregu i Bibès montre de nombreuses ressemblances avec celles des complexes rubanés à cause de la présence d'un niveau porteur, de brèches, de pegmatites, de chromite et de l'existence d'un magma parental saturé en silice, mais plus riche en fer et en éléments incompatibles que les tholéïtes responsables de la formation des cumulats stériles adjacents. Les associations minérales se distinguent de celles des complexes rubanés et évoquent plutôt celles des complexes alaskéens. Enfin, cette minéralisation s'apparente à certains niveaux enrichis en Pt des ophiolites. Ainsi, dans les cumulats de Thetford, Québec (Pt/Pd=83) (Gauthier et al., 1990; Corrivaux et al., 1990) et dans l'Oural (Khovstova, 1976), la minéralisation platinifère associée aux chromites est située dans des niveaux bréchiques d'une séquence dunite-pyroxénite. La minéralogie y est très semblable, avec la prédominance d'isoferroplatine plus ou moins riche en Rh.

Dans le massif de Tropoja, le lien entre les quatre types de minéralisations en EGP et la chromite est également confortée par l'évolution de la composition des spinelles. En particulier, Fe^{3+} augmente dans les spinelles chromifères, au fur et à mesure que l'on s'éloigne des MGP inclus. Ceci rappelle les variations de composition enregistrées par les PGM et les chromites hôtes des chromitites du sill de Bird River (Ohnenstetter et Watkinson, 1986). Toutefois, à Tropoja, les teneurs de Fe_2O_3 et l'amplitude des variations diffèrent selon le type de minéralisation en EGP. La teneur en Fe_2O_3 est plus forte dans les cumulats ($2\% < \text{Fe}_2\text{O}_3 < 8\%$), en particulier dans ceux de Bregu i Bibès, que dans le manteau ($0\% < \text{Fe}_2\text{O}_3 < 4,5\%$). Dans les minéralisations en Pt de type 2 (riches en sulfures), la teneur en Fe_2O_3 des spinelles chromifères est extrêmement faible ($< 1\%$). Les chromites sont par ailleurs très riches en alumine et montrent de grandes

variations dans la proportion de la mole de Cr_2O_3 .

Dans les grains de chromite hôtes des MGP, qu'ils soient situés dans les cumulats ou les podes du manteau, une corrélation négative entre Fe_2O_3 et le Cr_2O_3 peut être mise en évidence. La teneur la plus faible en Fe_2O_3 et donc la plus riche en Cr_2O_3 est obtenue à proximité du MGP (teneur en Fe_2O_3 inférieure à 2,5% dans le manteau). Dans le manteau, plusieurs droites sub-parallèles peuvent être dessinées dans le diagramme Fe_2O_3 - Cr_2O_3 . Elles soulignent les variations de Cr_2O_3 du système minéralisant en fonction de la profondeur de mise en place. Pour les spinelles des minéralisations 3 et 4, les substitutions Cr-Fe^{3+} sont extrêmement variables et doivent refléter de grandes fluctuations des paramètres thermodynamiques lors de la précipitation des chromites hôtes des alliages de Pt et Fe.

Dans le massif de Tropoja, les concentrations platinifères résultent de deux évolutions distinctes qui intéressent respectivement les segments ophiolitiques situés de part et d'autre d'une ligne passant au Nord des cumulats de Vlad et de Bregu i Bibës.

Au Nord, la minéralisation en Pt et Pd, qui n'existe que dans les chromitites du manteau, est contrôlée par la présence de SMB, essentiellement la pentlandite. Au Sud, la minéralisation platinifère existe dans les chromitites du manteau et des cumulats avec des caractères voisins. Cette minéralisation est contrôlée par la précipitation d'alliages, tout du moins dans les cumulats. Ainsi, au Nord, le comportement du platine est-il chalcophile et au Sud, sidérophile. De même, le comportement de l'or varie-t-il du Nord au sud. Au Nord, l'or, tout comme le palladium et dans une moindre mesure le platine, sont piégés dans les chromitites enrichies en sulfures. Au Sud, il n'y a pas d'anomalie en or.

Le modèle de mise en place des minéralisations en éléments du groupe du platine (EGP) du massif de Tropoja, compte tenu des variations N-S est le suivant. Il implique que quelque soit le type de minéralisation concerné, la précipitation des MGP, le plus souvent inclus dans les chromites, a lieu lors d'un processus de réduction comme l'indique les faibles teneurs en Fe^{3+} des spinelles adjacents aux MGP. L'augmentation en Fe_2O_3 des spinelles du cœur vers la bordure peut être interprétée, de la même façon, par une augmentation de la $f\text{O}_2$,

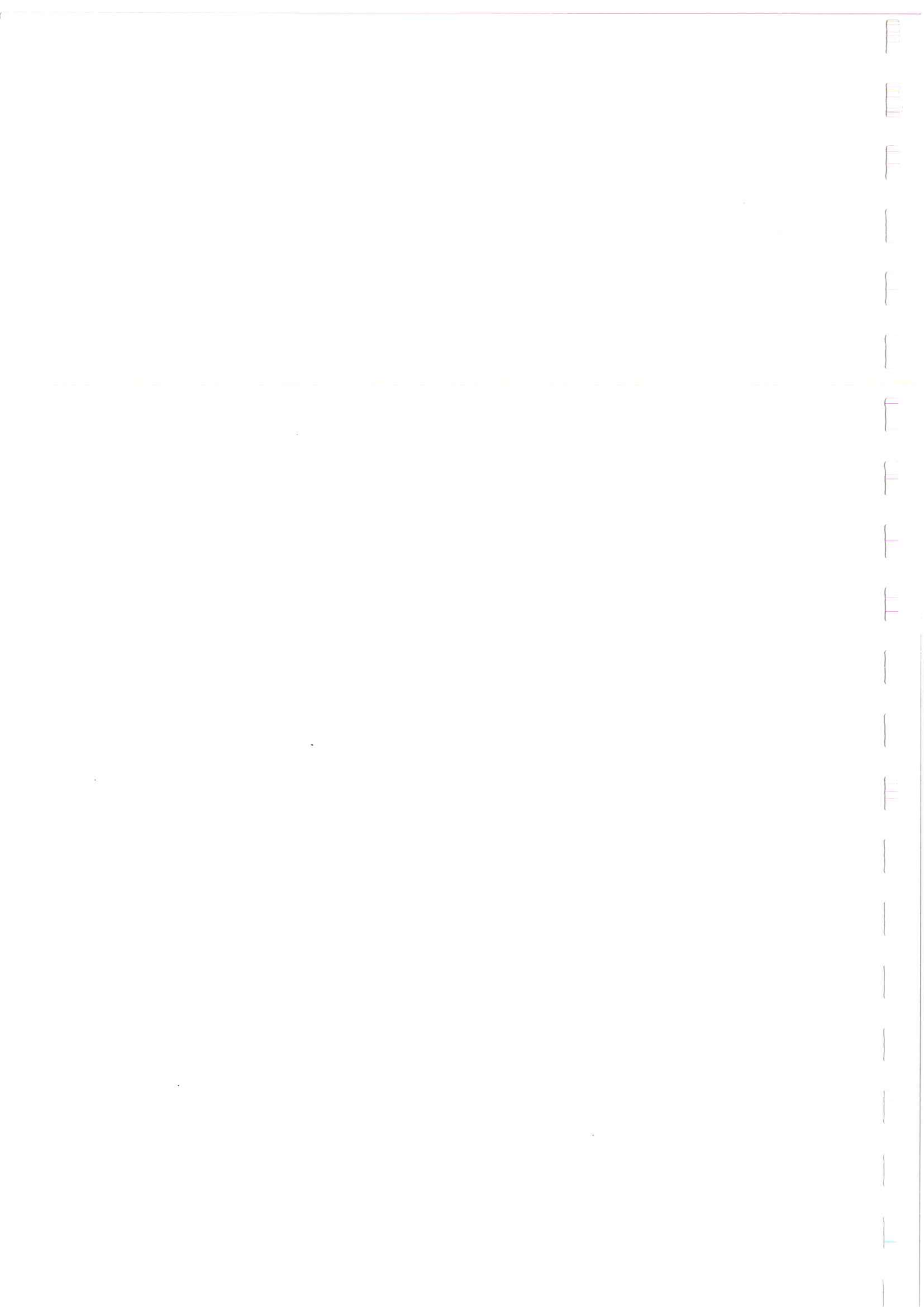
responsable de l'oxydation du fer et de l'augmentation de Fe_2O_3 dans le spinelle.

Le premier type de minéralisation en EGP dépourvu de Pt et de Pd se serait formé le premier à des températures élevées. La présence d'alliages d'Os, Ir et Ru et localement de laurites sont compatibles avec des températures de formation ne dépassant pas 1050°C , tout du moins pour les échantillons présentant des hornblendes incluses dans les chromites et contemporaines de la minéralisation (Johan, 1986). Les minéralisations enrichies en Pt et Pd qui succèdent à ce premier type de minéralisation sont issues d'évolution distinctes du système minéralisant. Au Nord, la formation de la minéralisation platinifère (deuxième type) est liée à la précipitation des sulfures. On peut envisager que la saturation en soufre a été atteinte localement par suite de la diminution de températures, ce qui a provoqué la précipitation des sulfures enrichis en EGP. Dans les chromites hôtes, les faibles teneurs de Fe_2O_3 , proche de 0, indiquent que le milieu devait être extrêmement réducteur lors de la précipitation des sulfures enrichis en EGP.

Au Sud, la $f\text{O}_2$ était plus élevée, et par contre la $f\text{S}_2$, plus faible, favorisant la précipitation d'alliages à la place des sulfures (troisième et quatrième type de minéralisation). D'après le thermomètre de Slansky et al. (1991), basé sur la coexistence des isoferroplatines avec les alliages de Os (+Ru) ou de Ir (+Rh), on peut estimer que la minéralisation dans les cumulats s'est formée à des températures de l'ordre de 830 à 850°C . La succession des trois stades minéralisants s'est déroulée sous une $f\text{O}_2$ croissante comme l'indiquent, outre l'augmentation de Fe^{3+} dans les spinelles chromifères, l'augmentation du rapport $\text{Fe}/(\text{Pt}+\text{Fe})$ des alliages de hautes températures enrichis en Pt au tétraferroplatine (Yevstigneyeva et al., 1989; Jamieson et al., 1992). Lors du premier stade minéralisant, l'absence d'erlichmanite et au contraire, la présence de kashinite sont compatibles avec des températures de formation élevées, quoique inférieures à celle des gisements profonds, pour une $f\text{S}_2$ modérée. A 850°C , le log de l'activité en S_2 est de -2. La présence de kashinite rend compte des faibles teneurs d'Ir dans les laurites comparées à celles du manteau.

Avec la diminution de températures, les domaines de stabilité de la coopérite et de la braggite sont atteints, ce qui explique de leur présence autour des alliages. Ces réactions ont été favorisées par les fluides qui sont également

responsables de réactions métasomatiques avec les alliages précoces, provoquant la formation d'arséniures et de tellurures. La formation de ces phases correspond au dernier stade minéralisant qui est responsable du piégeage de Pd, auparavant concentré dans les fluides résiduels riches en S, As ou Te, pendant la précipitation des alliages riches en Pt.



KONKLUZIONE TE PERGJITHESHME

Kjo tezë ka patur për qëllim studimin e vendburimeve të kromit në masivin e Tropojës e të mineralizimeve në elementet e grupit të platinit (EGP) që i shoqërojnë, për të arritur më në fund të nxjerrim disa karakteristika të këtyre mineralizimeve dhe një model mbi formimin e tyre. Gjatë këtyre punimeve, ne kemi patur gjithashtu parasysh shkëmbinjtë rrethues të përbërë ose harcбургitet mantelike, ose nga kumulatet. Disa variacione litologjike e gjeokimike, paralel me aksin e akrecionit NW-SE, dhe gjithashtu ortogonal me këtë aks, janë vënë në dukje. Ato dëshmojnë për modifikime të rëndësishme që nuk janë pas pasoja për origjinën e mineralizimeve platinifere. Rezultatet e ndryshme të arritura janë diskutuar në kuadrin e evolucionit gjeodinamik të ofioliteve shqiptare.

Ofiolitet e Albanideve, duke formuar së bashku me formacionet vullkano-sedimentare zonën e Mirditës, ndahen në dy breza paralel me moshë Jurasike: njëri lindor e tjetri perëndimor që vazhdojnë në Jugosllavi dhe në Greqi. Karakteristikat e tyre petrologjike korrespondojnë me dy tipet e ofioliteve të përshkruara nga Rocci e al. (1975). Magmatizmi i brezit perëndimor (ofiolitet e tipit I) ka disa ngjashmëri me magmatizmin e rrjedhur nga kurrizoret mezo-oqeanike, kurse magmatizmi i brezit lindor (ofiolitet e tipit II) shprehin disa ngjashmëri me magmatizmin e harqeve ishullore të papjekura (Beccaluva e al., 1979). Potenciali metallogjenik i ofioliteve të brezit lindor është i lartë, krahasuar me ato të brezit perëndimor. Në fakt, vendburimet e kromit i përkasin pothuajse vetëm brezit lindor.

Ndarja lindje-perëndim e ofioliteve paraqet gjithashtu disa variacione veri-jug përgjatë dy brezave. Në Shqipëri, ne opozojmë ofiolitet e sektorit verior me ato të sektorit meridional në të dy anët e transversales Labinot-Dibër. Ofiolitet e sektorit verior, ku bëjnë pjesë masivi i Tropojës dhe ai i Bulqizës, kanë një potencial metallogjenik më të lartë se ofiolitet e sektorit jugor. Kështu, masivi i Tropojës ka shumë vendburime kromi që kontribuojnë në afërsisht 1/5 e prodhimit të përgjithshëm të kromit shqiptar, pjesa më e madhe e të cilit është siguruar nga vendburimet e masivit të Bulqizës.

Dy hipoteza janë avancuar për të shpjeguar vendosjen e dy brezave

ofiolitike në vazhdimin Dinaro-Albano-Helenik.

Sipas hipotezës së parë, ofiolitet e kanë origjinën nga korja oqeanike e Tetisit e obduktuar gjatë convergjimit midis pllakës afrikane në jug dhe asaj euroaziatike në veri (Dercourt, 1972; Dimitrijeviç e al., 1973; Aubouin e al., 1977; Charvet, 1978; Cadet e al., 1980; Ferrière, 1982; Pamiç, 1983; Bonneau, 1984; Knipper e al., 1986; Ricou e al., 1986; Çollaku e al., 1992). Ky afirm ka ndodhur nga fillimi i Jurasikut të sipërm e ka mbaruar me një kolizion kontinental në Eocen. Sipas Kodra (1989), të dy brezat ofiolitikë i takojnë basenit të Mirditës, basen i rrethuar nga marzhe pasivë që më vonë janë bërë aktivë. Brezi perëndimor është formuar përpara brezit perëndimor.

Sipas hipotezës së dytë, ofiolitet mund të kenë dalë nga dy basene oqeanike me madhësi të kufizuar (Mercier e al., 1975; Smith e al., 1976 e 1984; Vergely, 1977; Bebien e al., 1980; Karamata e al., 1980; Kodra e al., 1982; Kodra 1989; Shallo e al., 1990; Vergely e al., 1991). Baseni i Vardarit është vendosur në lindje të Golija-Korab dhe të zonës Pelagoniane, kurse tjetri basen në perëndim. Sipas kësaj hipoteze, ofiolitet lindore janë vendosur në bordurin lindor të kontinentit pelagonian gjatë Jurasikut të sipërm (Vergely, 1977), kurse ofiolitet perëndimore do të mbihypin mbi bordurin perëndimor të këtij kontinenti, por më vonë, gjatë Kretakut të poshtëm, në Berriasien (Vergely, 1977; Smith e al., 1984).

Evolucioni petrologjik i masivit të Tropojës.

Masivi i Tropojës ndodhet në vazhdimin e brezave ofiolitikë. Kolona ofiolitike ka një trashësi afërsisht 2,5 deri 3 km. Të dhënat gjeofizike (Langora e al., 1983) tregojnë që masivi i Tropojës vazhdon 14km në thellësi, një fakt ky në favor të një rrënjësje të ofioliteve në basenin e Mirditës.

Ofiolitet janë vendosur mbi bazament me ndërmjetësinë e një shtroje metamorfike që përfshin amfibolitet të ndërthurura me metasedimente. Si në shumë masive ofiolitike, protoliti i kësaj shtroje metamorfike infra-ofiolitike do të ketë ardhur nga një basen intra-kontinental, përpara formimit të ofioliteve. Pasurimi në titan (1.5%) i metabazalteve që kontraston me përmbajtjen në titan të lavave ofiolitike (0,4%) është në përputhje të plotë me këtë hipotezë.

Ofiolitet e masivit të Tropojës janë të përbëra nga një manto e thellë harzburgitike që përmbledh në zonën e saj të sipërme, të quajtur zonë e

tranzicionit; vendburimet e kromit, veçanërisht të shumëta në lindje dhe në jug-lindje të masivit, dhe trupat dunitikë. Kjo zonë tranzicioni është mbuluar nga kumulatet që janë mjaft të zhvilluara në lindje dhe kryesisht në jug të masivit. Formacionet e sipërme janë të përbëra nga dajka që presin plagjiogranitet dhe shkëmbinjtë efuzivë. Kështu, një sekuençe ofiolitike komplete mund të përfitohet nga formacionet e ndryshme të masivit të Tropojës. Sidoqoftë, ekzistojnë disa variacione të mëdha nga një pikë e masivit në tjetrën, variacione këto në naturën dhe në trashësinë e uniteve litologjike, sidomos në kumulate. Variacione ekzistojnë edhe në shpërndarjen vendburimeve të kromit.

Tre sektorë janë përcaktuar në të dy anët e një vije VL-JP që kalon në veri të kumulateve të Vladit dhe të Bregut të Bibës. Sektorët veriorë, veriperëndimorë A e B përbëjnë një pjesë të mantosë të mbuluar në perëndim, jugperëndim (sektori B), nga formacione efuzive. Sektori A, që stratigrafikisht është i vendosur nën sektorin B, paraqet shumë vendburime kromi. Sektori meridional C përbën një tjetër pjesë të peridotiteve mantelike që përmbledhin numrin më të madh të vendburimeve të mëdha të kromit. Ky sektor është rrethuar në veri nga kompleksi kumulativ Bregu i Bibës-Vlad, dhe në jug, nga kumulatet e prerjes Kam-Helshan. Shfaqet e kumulateve paraqesin pra një dubël brez të orientuar VL-JP, domethënë një pozicion transversal në raport me brezat ofiolitikë.

Në masivin e Tropojës, foliacioni në manto, i orientuar VP-JL, është pak i inklinuar. Disa ondulacione të aksit VP-JL, të shkaktuara nga shtypjet gjatë vëndvendosjes të masivit, ndikojnë mbi foliacionin. Një megastrukturë sinklinale e vendosur në mes të sektorit A (aksi i sinklinalit kalon nga Maja e Brajkut), zgjatet në jug të masivit në sektorin C dhe vjen duke u shuar drejt veriut (sektori Mejdan). Shumë antiklinale dhe sinklinale të një rangui më të vogël ekzistojnë në të dy anët e sinklinalit madhor. Ata komplikojnë stratigrafinë e mantosë dhe, në veçanti njohjen e niveleve të pasur në krom, duke provokuar shumë ridublime.

Në zonën VP të masivit (sektorët A e B) strukturat kthejnë brutalisht për t'u orientuar VL-JP. Vendburimet e rëndësishëm Rragam-1-2 janë vendosur në këtë kthesë. Kur foliacioni i mantosë është i orientuar VL-JP, mantoja është më e varfër në vendburime të kromit në ndryshim me zonën jugore ku drejtimi

i foliacionit është VP-JL. Kjo ilustron rëndësinë e zonave transversale mbi potencialin metallogjenik të masiveve që ato izolojnë.

Kumulatet janë diskordante në lidhje me mantonë (sektori C). Discordanca këndore midis elementëve të shtrirjes në kumulate dhe foliacionit në manto zmadhohen duke u larguar nga Mohoja. Sjellje e elementëve të shtrirjes në kumulate varion gjithashtu sipas masivëve të konsideruar : rënia e kumulateve të Stoberdës është më e dobët se e kumulateve të prerjes Kam-Helshan. Shtrirja e vatrave të vjetra magmatike është më shpesh e orientuar VL-JP, domethënë 90° nga drejtimi i brezit ofiolitik, pra nga aksi i akrecionit madhor.

Dy prerje në manto të orientuara VL-JP, njëra në sektorin A dhe tjetra në sektorin B, vënë në dukje rritjen e përmbajtjes së Al_2O_3 drejt lindjes. Përmbajtjet e Al_2O_3 të shpineleve të harcburgiteve rriten nga 10 deri 20% dhe nga 20 deri 30%, respektivisht në sektorët B dhe A. Përmbajtjet e Al_2O_3 të shpineleve korrelojnë pozitivisht me ato të ortopirokseneve. Këta të fundit, kur përfaqësojnë pjesën perëndimore të sektorit B, përmbajnë shumë pak alumin, kurse ata që janë të vendosur në pjesën lindore të sektorit A arrijnë deri në 3% alumin. Evolucioni i përmbajtjeve të Al_2O_3 tregon që sasia e shkrirjes së pjesëshme në manto ka qënë më e rëndësishme në pjesën e sipërme (sektori B). Rritja e aluminit me rritjen e thellësisë është në përputhje me çfarë është vërtetuar në periditet ofiolitike të Omanit dhe të Terre Neuve.

Zvogëlimi i Al_2O_3 në shpinelet është i shoqëruar me një rritje të Cr_2O_3 , dhe gjithashtu të Ti, Fe^{3+} e të $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$. Në qoftë se rritja e Cr është në përputhje me procesin e shkrirjes (Evans e al., 1975; Mysen e al., 1977; Jaques e al. 1980), përkundrazi ajo e hekurit dhe titanit nuk përputhet me këtë proces. Nga ana tjetër, rritja e Cr në shpinelet e pjesës B nuk është e shoqëruar me një rritje të Cr në ortopiroksen. Kjo dëshmon për kushte të ndryshme të ndarjes së Cr midis shpineleve dhe ortopirokseneve në sektorët A dhe B, dhe pra, të një evolucioni të kushteve të shkrirjes.

Po kështu, variacionet paralel aksit të akrecionit madhor VP-JL janë gjithashtu vënë në pah. Këto variacione mund të jenë të kontrollueshme nga aksidentet transversale. Kështu, përbërja e mantosë, mbështjellëse e vendburimeve të kromit, varion nga sektori A në sektorin C. Përqëndrimet më të

dobëta të Al, Mg e Ni në sektorin C se në sektorin A, dhe përkundrazi, sasitë e ngritura të Ca, Ti e V lenë të kuptohet që shkrirja ka qënë më e hidratuar në jug se në veri.

Në kumulatet, të pranishëm vetëm në sektorin C, variacionet kanë qënë vënë në pah duke vënë përballë kumulatet e Bregut të Bibës e ato të prerjes Kam-Helshan. Sekuenca e Bregut të Bibës është e përbërë nga dunitë, piroksenite, mellagabro, norite e ferrogabro kurse ajo e prerjes Kam-Helshan përmban, sipër dunitëve harchburgite me plagjioklaz, verlite, gabro, gabro-norite. Përbërja e pirokseneve, po kështu dhe e shpineleve shpreh një pasurim më të theksuar në Al, Fe, Mn e Ti të kumulateve të Bregut të Bibës, lidhur me ekzistencën e një magme më të pasur në këto elemente .

Kumulatet Vlad-Stoberdë dhe ato Kam-Helshan e kanë origjinën nga shumë vatra magmatike të ushqyera nga magma me përbërje të ndryshme.

Masivi i Tropojës mund t'i bashkëngjitet brezit lindor të ofioliteve shqiptare, kjo duke patur parasysh natyrën e shkëmbinjëve dhe përbërjen e mineraleve. Ai nuk përputhet me masivet e brezit perëndimor (Çina e al., 1986), ndër të cilët ai i Gomsiqes (Tërshana, 1982), për nga prania e një mantoje harchburgitike më të varfër, e përbërë nga minerale shumë magneziale (Fo>90), e vendburimeve të kromit dhe e përqëndrimeve të platinit, të llavave të varfëra në titan dhe nga shfaqja më e vonëshme e plagjioklazit në shkrirje. Kumulatet e Tropojës janë gjithashtu më refraktare se ato të Gomsiqes. Në këto të fundit, përmbajtja e klinopiroksenit arrin fushën hedenbergit-ferro-hedenbergit, kurse në kumulatet e Tropojës, bëhet fjalë më shpesh për klinopiroksene kalcike e magneziale : diopside e endiopside që evoluojnë drejt salit-augiteve.

Vendburimet e kromit në masivin e Tropojës.

Katër nivele të mineralizaura në krom janë përcaktuar në masivin ofiolitik të Tropojës : një në mantonë e thellë, dy në zonën e tranzicionit dhe një në kumulate. Stratigrafia është përcaktuar në sektorin A dhe është aplikuar pastaj në sektorin C. Vendburimet e zonës së tranzicionit, dhe në veçanti ato të nivelit 2, paraqesin një interes ekonomik, vendburimet më voluminoze i përkasin sektorit C. Sektori B paraqet pak vendburime një nga të

cilët është voluminoz, ai i Tplanit (100000 ton). Trupat xeherorë janë të shoqëruar nga dunitet sasia e të cilave rritet drejt pjesës së sipërme të sekuencës mantelike.

Në kumulatet e Bregut të Bibës dhe të prerjes Kam-Helshan, shfaqjet e kromit janë vendosur në ambiente të ndryshme. Në rastin e parë, përqendrimet e kromit ndodhen në kontaktin dunit-piroksenit, kurse në rastin e dytë, kromitet janë të stratifikuara në dunitet bazale.

Morfologjia dhe përmasat trupave të kromit në manto janë shumë të variushme. Kështu, janë vrojtuar trupa xeherorë në formë tubi të shtypur, fragmentesh të shkëputur, tabular dhe në formë podesh. Trupat xeherorë, sipas klasifikimit të Cassard (1980), janë në të shumtën e rasteve konkordantë. Disa trupa subkonkordantë janë gjithashtu të pranishëm në sektorin A. Dispozicioni struktural i trupave konkordantë, subkonkordantë e diskordantë është ilustruar me anën e tri vendburimeve, respektivisht Rragam-1, Rragam-2 e Dunishë. Nganjëherë trupat xeherorë hollohen shumë por nuk mbyllen përfundimisht (Çabrat-4, de Lugu i Dërrasave). Një trup i vetëm xeheror mund të jetë vende-vende konkordant vende-vende discordant (Tpla). Ky fakt nënvizon bashkëkohshmërinë e trupave xeherorë. Damarët diskordantë bëjnë rilidhjen dhe shërbejnë si ushqyes për podet konkordante.

Trupat stratiformë janë të përbërë nga breza kromiti dhe dunitet të interstratifikuara, me trashësi centimetrike-metrike. Kalimi dunit-kromit zakonisht është progresiv. Ai bëhet me anën e dunitëve me pikëzime kromiti gjithnjë e më të pasura afër shtratimit të sipërm. Shumë struktura sedimentare mund të vrojtohen siç janë për shembull stratifikimet e ndërthurura.

Në masivin e Tropojës janë takuar pothuajse të gjitha varietetet e teksturave minerale të njohura : teksturat masive, me pikëzime, brezore, nodulare, antinodulaire, unazore dhe në formë shliresh. Shumë tipe teksturash ekzistojnë në të njëjtin trup xeheror me një mbizotërim të mundshëm të një tipi mbi të tjerët.

Përbërja kimike e kromiteve mantelike varion shumë sipas sektorëve. Projektimi i përbërjes së tyre në diagramën $Mg/(Mg+Fe^{2+})$ e $Cr/(Cr+Al+Fe^{3+})$ shpreh një mbështjellëse të zgjatur e cila evidenton një korrelacion negativ midis këtyre dy raporteve. Trupat xeherorë të sektorit B, në pjesën e sipërme të

mantosë janë të pasur në mole magnezo-kromiti MgCr_2O_4 , dhe ato të sektorit C në mole herciniti FeAl_2O_4 , sektori A zë një vend ndërmjetës. Kështu në manto, nga trupat e thellë tek ata më të cekët, ka një rritje të Mg e Cr, sikurse për shpinelet aksesore të harcburgiteve.

Në çdo sektor, korrelacioni i vrojtuar për një nivel ose për një trup xeheror të dhënë është i kundërt me çfarë ne vëzhgojmë, me variacionin e opozuar të përqindjes së moleve të kromitit dhe të shpinelit. Kështu, në sektorin B, të katër trupat xeherorë të studiuar shprehin disa variacione të $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+})$ nga 77 deri 82, për variacione të $\text{Cr}/(\text{Cr}+\text{Al}+\text{Fe}^{3+})$ nga 63 deri 75.

Gjerësia e variacioneve të përqindjes së moleve të shpinelit ose të kromitit është e përafërt për të gjithë trupat xeherorë përveç atyre të pasur në platin (shih në vazhdim). Në veri të masivit, pasurimi në mole të magnezo-kromitit shoqërohet me një rritje të Fe^{3+} .

Në vazhdim të evolucionit të sistemit mineralizues, kristalizimi i kromititeve dhe i olivinave ka provokuar rritjen e fluideve mbetës të pasuruar në Ti dhe të fO_2 , përgjegjës i oksidimit të Fe^{2+} në Fe^{3+} . Precipitimi i shpineleve kromiferë të pasur në Fe^{3+} , ka provokuar, në radhën e vet, zvogëlimin e Fe^{2+} në sistemin mineralizues, dhe në vazhdim rritjen e $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+})$ në mineralet sipas stratigrafisë.

Kromitet e sektorit C kontrastojnë me ato të sektorëve A e B për nga pasurimi në Fe^{3+} . Ky fakt na kujton, në sektorin C, pasurimin në Fe^{3+} të shpineleve aksesore të mantosë. Fugaciteti në oksigjen duket se është më i fortë në jug se sa në veri të masivit, nga një anë në tjetrën të zonës transversale Vlad-Bregu i Bibës, e gjithë kjo në akord me hipotezën e një shkrirje më të hidratuar në jug.

Zakonisht, nuk ka variacione sistematike të përbërjes së kromitit në funksion të teksturës. Në sektorin C, kromitet me pikëzime duken shpesh më të pasura në Al se kromitetet masive, të cilat janë të mëvonëshme. Kështu, në sektorin A minerali masiv i vendburimit Çabrat-1, është shumë më i pasur në Al ($27 < 100 \times \text{Al}/(\text{Al}+\text{Cr}+\text{Fe}^{3+}) < 33$) e më i varfër në Mg ($57 < 100 \times \text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+}) < 63$) (kampioni 142A) se minerali i pikëzuar (kampioni 143A) i të njëjtit vendburim ($100 \times \text{Al}/\text{M3} = 21$; $71 < 100 \times \text{Mg}/\text{M2} < 74$). Për shfaqjen e mineralizuar Ura e Kamenës (niveli 3) diferenca midis mineralit nodular (kampioni 141A) dhe mineralit masiv (kampioni 140A) qëndron në faktin se i pari është më i pasur në Al.

Në sektorin C, sasia e Cr në kromitetet kumulative është e krahasueshme

me atë të vendburimeve të kromit të mantosë më të sipërme. Trupat kumulativë shprehin një variacion të madh të raportit $Mg/(Mg+Fe^{2+})$ për variacione të vogla të raportit $Cr/(Cr+Al+Fe^{3+})$.

Hipoteza gjenetike e zhvilluar për vendburimet e kromit në masivin e Tropojës, mbështetur në rezultatet e arritura nga ky punim, supozon: ekzistencën e një vatre magmatike të poshtëme me gradient temperature që çon në pasurimin e pjesës së sipërme të kësaj vatre me elemente fluturues dhe me ujë; formimin e vendburimeve të kromit nga një fazë e pasur me fluide dhe elemente fluturues që depoziton kromitin dhe formon këmishën dunitike; formimin e dunitëve të zonës së tranzicionit që pason vendosjen e trupave të kromit.

Mineralizimet e elementeve të grupit të platinit (EGP).

Katër tipe mineralizimesh në EGP (tre në manto, një në kumulate) janë evidentuar në ofiolitet e Tropojës. Përcaktimi i tyre është bërë sipas pozicionit stratigrafik, shpërndarjes së EGP dhe naturës së mineraleve bartës të EGP. Tri mineralizimet janë të pasur në Pt e Pd. Të gjitha këto mineralizime janë të shoqëruara me kromitet me të cilat kanë lidhje gjenetike. Roli i sulfureve të metaleve bazë nuk është i neglizhueshëm, në pikëpamjen e pranisë së tyre në njërin nga tipet e mineralizimit në manto.

Janë analizuar 121 shkëmbinj për Pt e Pd, e 110 kampione janë vrojtuar në mikroskop për gjetjen e mineraleve të grupit të platinit (MGP). Midis këtyre kampioneve, praktikisht të gjitha kampionet e Bregut të Bibës përmbajnë MGP (23 kampione). MGP janë gjetur në 1/3 e kampioneve të mantosë (22 kampione). Në 55 kampione janë vrojtuar 215 kokrriza të MGP (mesatarisht 2 kokrriza për kampion për mantonë e 5, për kumulatet).

Tipi i parë i mineralizimit në EGP është i lidhur me kromitet mantelike. Është një mineralizim i pasur në Os, Ru e Ir, që paraqet si rrjedhojë një spektër të EGP me pendencë negative, vazhdimisht të vrojtuar në ofiolitet (Legendre 1982, Prichard e al. 1988). Mineralet që përmbajnë këto EGP janë kryesisht sulfure, laurite, dhe aliazhe të Os, Ru e Ir.

Tipi i dytë i mineralizimit është palladifer (Pd deri 720ppb; Pt/Pd≈0,3). Ai është gjetur në tre vendburime kromi (Çabrat-4, Çabrat-1, Qafa e Milicës) përmbajtjet në alumin ($12,23 < \text{Al}_2\text{O}_3 < 26,4$) të cilave kontrastojnë me ato të vendburimeve të kromit sterile në Pt (vendburimi Rragam-2, Pt=10 ppb) ($8 < \text{Al}_2\text{O}_3 < 14$). Këto vendburime kromi të pasura në Pd ndodhen në zonën e tranzicionit në sektorin A. Spektri i EGP paraqet një pjerrësi positive që sidiqoftë shpreh një anomali të lehtë pozitive në Ru. Në tre kampionet e studiuar është vërtetuar vetëm një kokrrizë e vogël ($< 1\mu\text{m}$) aliazhi Pt-Fe. Sulfuret e metaleve bazë, esencialisht milerite e pentlandite, përmbledhin EGP ashtu siç e shprehin edhe përmbajtjet e Pd (0,33), Pt (0,19%), Rh (0,24%) e d'Os (0,21%) në një pentlandit. Kështu ky mineralizim në EGP është ngushtësisht i kontrolluar nga sulfuret të ndërfutura në kromit ose në intersticat midis kokrrizave të kromitit. Prania e sulfureve lidhur me EGP na kujton mineralizimet e lopoliteve, në veçanti, ato të pasura në kromite (Merensky Reef). Tipi dytë i mineralizimit në masivin e Tropojës ngjet shumë me mineralizimin palladifer në masivin e Bulqizës (Çina 1989; Ohnenstetter e al., 1991; Karaj, 1992) për shkak të mbizotërimit të pentlanditit në raport me sulfuret e tjera, rrallëshmëria e MGP, raporti Pt/Pd i përafërt 0.3, pasurimi në ar e përmbajtjet e ngritura në alumin e kromiteve.

Tipi i tretë i mineralizimit është platinifer (Pt deri 200ppb; Pt/Pd=15). Ai është i vendosur në kromitet e mantosë të sektorit C: në shfaqjen Leniq, në afërsi të Mohos, dhe në një nga podet e vendburimit Kam (zona e tranzicionit). Spektri i EGP ngrihet nga Os deri tek Pt, pastaj zbret menjëherë drejt Pd. Forma e këtij spektri i ngjet mjaft asaj të kumulateve të mineralizuara të Bregut të Bibës, (Tipi i katërt i mineralizimit) por përmbajtjet në Pt janë shumë më të ulëta. Vetëm një sulfur i Ir, Pt e Os është gjetur.

Tipi i katërt i mineralizimit është edhe ky platinifer (Pt deri 11,4 ppm; Pt/Pd deri 86). Ai është i vendosur në kumatet e Bregut të Bibës (rajoni Stoberdë). Horizonti i mineralizuar ndodhet në kontaktin dunit-piroksenit, por ai është me ndërprerje dhe shpreh disa përmbajtje në Pt që janë të variushme. Ecja e spektrit është pozitive me një anomali shumë të fortë në Pt që kontraston me anomalinë e dobët në Pd e Au.

Lidhja midis mineralizimit platinifer e atij kromifer është ilustruar nga një korrelacion shumë i mirë ndërmjet vlerave të Cr_2O_3 e të (Pt+Pd) të shkëmbinjëve të mineralizuar. 84% e MGP janë të ndërfutur në kromit. Të tjerët janë vëzhguar në kontaktin kromit-silikat intersticial (12%) ose në inkluzion në këta të fundit (4%).

Kokrrizat e MGP janë ose monofazore (68%), ose plurifazore. Inkluzionet e MGP mund të jenë të shoqëruara nga disa silikate automorfe. Ekziston një korrelacion pozitiv midis numrit të MGP dhe përmbajtjeve të Pt e të Pd. Në një kampion (58A) Pt+Pd=9100 ppb, janë studiuar 13 kokrriza të MGP. 46% e kokrrizave të MGP kanë një sipërfaqe më të vogël se $20 \mu\text{m}^2$, 16% janë shumë të mëdha me një sipërfaqe midis 100 e $500 \mu\text{m}^2$. MGP ndodhen pra në kontaktin kromit/silikat. Një korrelacion pozitiv është evidentuar midis vlerave të (Pt+P) dhe sipërfaqes mesatare të kokrrizave për çdo kampion. Ky fakt tregon që formimi i anomalive në EGP shoqërohet me procese termodinamike të veçanta të cilat janë përgjegjës të rritjes së madhësisë së kokrrizave të MGP.

Mineralizimi në EGP i Bregut të Bibës përfaqësohet në 68% të rasteve nga aliazhe. Mineralet e tjera janë sulfure (28%), esencialisht laurite (20%), sulfoarsenure, arsenure e telurure (4%). Midis aliazheve, izoferroplatini dominon (45% e aliazheve). Aliazhet e tjera janë : Pt_2Fe , tetraferroplatin, tulamenit, aliazhe të Pt të pasura në Cu e Ni, aliazhe të Pd e Cu, aliazhe të Os, Ir, e të Ru dhe metale nativë.

Në mineralizimin e Bregut të Bibës janë evidencuar tri stade të minealizimit në EGP, madje, ndonjëherë në një kampion :

Stadi i parë është i karakterizuar nga precipitimi i lauritit $\text{Ru}_{1,0}\text{S}_{2,0}$; $(\text{Ru}_{0,8}\text{Os}_{0,2})\text{S}_{2,0}$ e i osmiumit $(\text{Os}_{0,7}\text{Ru}_{0,2}\text{Ir}_{0,1})$ të shoqëruar nga izoferroplatini $(\text{Pt}_{2,6}\text{Rh}_{0,2}\text{Ir}_{0,1})(\text{Fe}_{1,0}\text{Cu}_{0,1})$. Lokalisht ekziston kashiniti (Ir_2S_3) , $(\text{Ir}_{0,8}\text{Cu}_{0,5}\text{Rh}_{0,3}\text{Ru}_{0,2}\text{Pt}_{0,1}\text{Fe}_{0,1})\text{S}_{3,0}$.

Gjatë stadi të dytë, precipitimi i izoferroplatinit $(\text{Pt}_{2,6}\text{Pd}_{0,3}\text{Rh}_{0,1})(\text{Fe}_{0,6}\text{Cu}_{0,3}\text{Ni}_{0,1})$ është ndjekur nga Pt_2Fe , $(\text{Pt}_{1,7}\text{Pd}_{0,2})(\text{Fe}_{0,5}\text{Ni}_{0,4}\text{Cu}_{0,1})$, tetraferroplatini $\text{Pt}_{1,0}(\text{Fe}_{0,8}\text{Cu}_{0,1}\text{Ni}_{0,01})$ e tulameniti $(\text{Pt}_{1,9}\text{Pd}_{0,1})(\text{Fe}_{1,1}\text{Cu}_{0,9})$. Edhe sulfoarsenuret janë të pranishme në këtë stad. Ato përfaqësohen nga hollingvortiti $(\text{Rh}_{0,72}\text{Ir}_{0,13}\text{Ni}_{0,09}\text{Pd}_{0,08}\text{Pt}_{0,04}\text{Os}_{0,02})(\text{S}_{0,97}\text{As}_{0,94}\text{Sb}_{0,01})$ i cili ka kristalizuar përpara tulamenitit, e lokalisht sulfuret e Pt ose të Pd si koperiti e

bragiti të shoqëruar preferencialisht me Pt_2Fe e tetraferroplatinin.

Stadi i tretë është karakterizuar nga precipitimi i aliazheve të pasur në palladium e bakër përkrah platinin nativ. Ata janë të shoqëruar me sulfoarsenure, arsenure e telurure.

Aktiviteti në rodium, shumë i fortë gjatë tre stadeve mineralizues spjegohet nga solucionet e ngurta të Rh në aliazhet e në bragitet dhe nga precipitimi i mineraleve të tij siç janë : hollingvortiti, një aliazh i Rh e i Fe që përbën një ekuivalent rodifer të tetraferroplatinin ($Rh_{0,67}Pt_{0,21}Pd_{0,14})(Fe_{0,66}Cu_{0,31}Ni_{0,01})$, e një telurur ($Rh_{0,77}Cu_{0,11}Pd_{0,09}Hg_{0,02})(Te_{0,99}Sb_{0,01})$.

Vazhdimësia e këtyre tre stadeve të mineralizimit është, përveç të tjerash e karakterizuar nga një zvogëlim i raportit Pt/Fe e një zmadhim i Ni e i Cu përmbajtjet e të cilëve arrijnë, respektivisht 1,7% e 7,19% në isoferroplatin, e 8,59% e 7,83, në tetraferroplatin.

Mineralizimi në EGP i Bregut të Bibës shpreh shumë ngjashmëri me komplekset brezore për shkak të pranisë të një niveli bartës, të brekçieve magmatike, të pegmatiteve, kromitit e të një magme mëmë të ngopur në silicë, por më të pasur në hekur, në elemente inkompatibël se toleitet, përgjegjëse të formimit të kumulateve sterile mbi zonën e mineralizuar. Bashkëshoqërimet minerale dallohen nga ato të komplekseve brezore e evokojnë më tepër ato të komplekseve alaskiane. Më në fund ky mineralizim duket në nivele të pasur në Pt e jo në Pd tek ofiolitet. Kështu, në kumulatet e Thetford, Québec (Pt/Pd=83) (Gauthier e al., 1990; Corrivaux e al., 1990) e në Urale (Khovstova, 1976), mineralizimi platinifer i shoqëruar me kromitet është vendosur, në nivele brekçiozë të pasur në kromite të një sekuence dunit-piroksenit. Mineralogjia është shumë e ngjashme, me një mbizotërim të izoferroplatinin pak a shumë të pasur në Rh.

Në masivin e Tropojës, lidhja midis katër tipeve të mineralizimit në EGP e kromitit përforcohet nga evolucioni i përbërjes të shpineleve. Në veçanti, Fe^{3+} rritet në shpinelet kromiferë me largimin nga MGP. Ky fakt na kujton variacionet e përbërjes të regjistruara nga MGP e kromitet në kromititet e Bird River (Ohnenstetter e Watkinson, 1986). Sidoqoftë, në masivin e Tropojës, vlerat e Fe_2O_3 dhe amplituda e variacioneve është e ndryshme sipas tipeve të mineralizimeve në EGP. Vlera e Fe_2O_3 është më e fortë në kumulate ($2\% < Fe_2O_3 < 8\%$), e në

veçanti në ato të Bregut të Bibës, se në manto ($0\% < \text{Fe}_2\text{O}_3 < 4,5\%$). Në kokrrizat e kromitit, kudo qofshin ato në kumulate apo në manto, ka një korrelacion negativ midis Fe_2O_3 e Cr_2O_3 që është vënë në dukje. Përmbajtja më e ulët në Fe_2O_3 e pra më e pasur në Cr_2O_3 është fiksuar në afërsi të MGP ($\text{Fe}_2\text{O}_3 < 2,5\%$ në manto). Duke u larguar nga MGP, Fe_2O_3 rritet në kurriz të Cr_2O_3 . Në diagramën Fe_2O_3 - Cr_2O_3 , mund të hiqen shumë linja paralele e subparalele për kampionet e kromititeve mantelike. Ky fakt nënvizon variacionet e Cr_2O_3 të sistemit mineralizues në funksion të thellësisë së formimit.

Në kromititet e pasura në sulfure (mineralizimi në Pt i tipit 2), sasia e Fe_2O_3 është shumë e reduktuar ($< 1\%$), krahasuar me të gjitha mineralizimet e tjera në EGP të masivit të Tropojës. Kromitet janë shumë të pasura në alumin e paraqesin variacione të mëdha në proporcion me një mol shpineli.

Shpinelet e mineralizimeve 3 e 4, janë të pasura në krom e në Fe^{3+} . Zëvendësimet Cr - Fe^{3+} janë shumë të variushme e duhet të reflektojnë fluctuacione të rëndësishme të parametrave termodinamikë gjatë precipitimit të kromitit dhe të aliazheve të Pt e të Fe.

Koncentrimet platinifere në masivin e Tropojës rezultojnë nga dy evolucione të ndryshme që kanë lidhje me dy segmentet ofiolitike në të dy anët e linjës që kalon nga kumulatet Vlad -Bregu i Bibës.

Në veri, mineralizimi në Pt e Pd, i cili ekziston vetëm në kromititet mantelike, është i kontrolluar nga prania e sulfureve të metaleve bazë SMB, e kryesisht e pentlanditit. Në jug, mineralizimi platinifer ekziston në kromititet e mantosë e të kumulateve me një karakter të përafërt. Ku mineralizim kontrollohet nga precipitimi i aliazheve në kumulate. Kështu, në veri, sjellja e platinit është kalkofile dhe në jug, siderofile. Kjo sjellje e kontrastuar rezulton nga kondicione termodinamike të veçanta të çdo segmenti ofiolitik. Po kështu, sjellja e arit varion nga veriu në jug. Në veri, ari, si dhe palladiumi e më pak platini, janë të mbërthyer nga kromititet e pasura në sulfure.

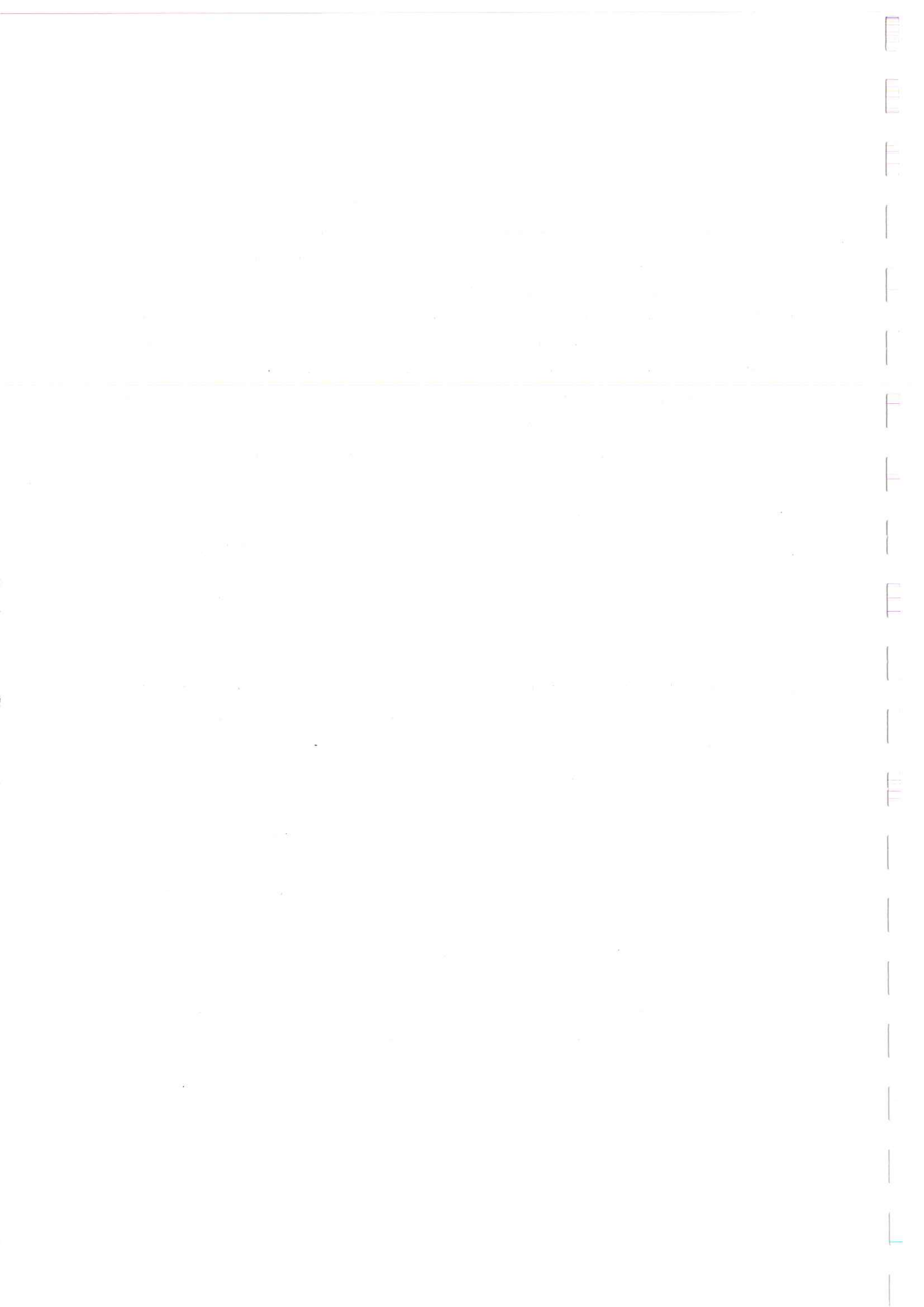
Precipitimi i MGP, inkluzione në kromite, ka ndodhur gjatë një procesi reduktues siç e shprehin vlerat e Fe^{3+} të shpineleve në afërsi të MGP. Rritja e Fe_2O_3 të shpineleve nga qendra drejt periferisë mund të interpretohet, në të njëjtën mënyrë, me një rritje të fO_2 , përgjegjës i oksidimit të hekurit e i rritjes

së Fe_2O_3 në shpinel.

Tipi parë i mineralizimit i varfër në Pt e Pd do të ishte formuar i pari në temperatura të larta. Prania e aliazheve të Os, Ir e Ru e lokalisht e lauriteve është në përputhje me temperaturat e formimit që nuk kalojnë 1050°C , të paktën për kampione që paraqesin hornblenda të ndërfutura në kromit dhe të bashkëkohshme me mineralizimin (Johan, 1986). Mineralizimet e pasura në Pt e Pd që ndjekin këtë tip mineralizimi kanë dalë nga evolucione të ndryshme të sistemit mineralizues. Në veri, formimi i mineralizimeve platinifere është i lidhur me precipitimin e sulfureve. Ne mund të mendojmë që ngopja në sqfur është arritur lokalisht dhe në vazhdim edhe ulja e temperaturës, gjë që ka provokuar precipitimin e sulfureve të pasura në EGP. Vlerat e ulëta të Fe_2O_3 , afër zeros, tregojnë se ambienti gjatë precipitimit të sulfureve të pasuruara në EGP ka qënë jashtëzakonisht reduktues.

Në jug, fO_2 është më i lartë, përkundrazi fS_2 është më i ulët, dhe kanë favorizuar kështu precipitimin e aliazheve në vend të sulfureve. Sipas termometrit të Slansky e al. (1991) të bazuar mbi bashkekzistencën e isoferroplatinit me aliazhet e Os (+Ru) ose të Ir (+Rh), ne kemi vlerësuar që mineralizimi është formuar në temperatura të rendit $830\text{--}850^\circ\text{C}$. Vazhdimi njëri pas tjetrit i të tre stadeve mineralizues është bërë në një fO_2 rritës siç e spjegojnë, përveç rritjes së Fe^{3+} në shpinelet komifere, edhe rritja e raportit $\text{Fe}/(\text{Pt}+\text{Fe})$ nga aliazhet e temperaturave të larta, të pasura në Pt, tek tetraferroplatini (Yevstigneyeva e al., 1989; Jamieson e al., 1992). Gjatë stadiit të parë mineralizues, mungesa e erlishmanitit dhe përkundrazi, prania e kashinitit janë në përputhje me temperatura të larta formimi, sidiqoftë më të ulëta se të venburimeve të thella, për një fS_2 të moderuar. Në 850°C , log. i aktivitetit të S_2 është -2. Prania e kashinitit na kujton vlerat e ulëta në Ir në lauritet kumulative krahasuar me ato mantelike.

Me zvogëlimin e temperaturave arrihet fusha e stabilitetit të koperitit e bragitit, gjë që e tregon prania e tyre përreth aliazheve. Këto reaksione kanë qënë favorizuar nga fluidet, që njëkohësisht janë përgjegjës të reaksioneve metasomatike me aliazhet e herëshme, duke provokuar kështu formimin e arsenureve e telurureve. Formimi i këtyre fazave korrespondon me stadin e fundit që është përgjegjës i kurthimit të Pd, i koncentruar më parë në fluidet mbetës të pasur në S, As e Te, gjatë precipitimit të aliazheve të pasur në Pt.



BIBLIOGRAPHIE

- AGIORGITIS G., WOLF R.** (1978) - Aspects of osmium, ruthenium and contents in some greek chromites. *Chem. Geol.*, 23, 267-272.
- AGIORGITIS G., WOLF R.** (1984) - Variations of the Os/Ir ratio in terrestrial rocks and minerals. *Chem. Geol.*, 42, 277-286.
- AHMED Z.** (1984) - Stratigraphic and textural variations in the chromite composition of the ophiolitic Sakhakot-Qila complex, Pakistan. *Econ. Geol.*, 79, 1334-1359.
- AHMED Z., BEVAN J.C.** (1981) - Awaruite, iridian awaruite, and a new Ru-Os-Ir-Fe alloy from the Sakhakot-Qila complex, Malakand agency, Pakistan. *Mineral. Mag.*, 44, 225-230.
- AL AZRI H.** (1986) - Typologie des gisements de chromites dans la partie Sud de l'ophiolite du Nord-Oman. Thèse, Univ. d'Orléans. Mém. B.R.G.M. 126, 159. p
- ALLEGRE C.J., MONTIGNY R., BOTTINGA Y.** (1973) - Cortège ophiolitique et cortège océanique, géochimie comparée et mode de genèse. *Bull. soc. géol. Fr.*, 15, 461-477.
- ALLEGRE C.J., MONTIGNY R., NOIRET G., BOUGAULT H.** (1976) - Trace elements in ophiolitic complexes and variations in ophiolite magmas. *Eos.*, 57, 404.
- AMOSSE J., ALLIBERT M., OSTROSI B., GOKU E., LLESHI B.** (1992) - Comportement géochimique et minéralogique des éléments du groupe du platine (EGP) dans le gisement de Krasta (Albanie). *C.R. Acad. Sci. Paris*, 315, sér., II, 559-564.
- ARAI S.** (1978) - Chromian spinel lamellae in olivine from the Iwanai-Dake peridotite mass. Hokkaido, Japan. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 39, 267-273.
- AUBOUIN J.** (1973) - Des tectoniques superposées et de leur signification par rapport aux modèles géophysiques : l'exemple des Dinarides ; paléotectonique, tectonique, néotectonique. *Bull. soc. géol. Fr.*, 15, 426-460.
- AUBOUIN J., DER COURT J.** (1975) - Les transversales dinariques dérivent-elles de paléofailles transformantes. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 98, 109-117.
- AUBOUIN J., LE PICHON X., WINTERER E., BONNEAU M.** (1977) - The hellenides as a model for Alpine plate tectonics. 6th Coll. Geol. Aegean Region, Athens, 3, 1333-1354.
- AUBOIN J., NDOJAJ I.** (1964) - Regard sur la géologie de l'Albanie et sa place dans la géologie des Dinarides. *Bull. soc. géol. de Fr.*, 6, 593-624.
- AUBOIN J., BLANCHET R., CADET J-P., CELET P., CHARVET J. CHOROWICZ J. COUSIN M. RAMPNOUX J-P.** (1970) - Essai sur la géologie des Dinarides. *Bull. soc. géol. Fr.*, 6, 1060-1095.

- AUGE T.** (1983) - Etude minéralogique et pétrographique des roches basiques et ultrabasiques du complexe ophiolitique du Nord-Oman. Relations avec les chromites. Comparaison avec deux complexes d'Arabie Saoudite. Thèse 3^e cycle, Univ. Orléans, 285 p.
- AUGE T.** (1985) - Chromite et minéraux du groupe du platine dans les complexes ophiolitiques. Caractérisation des séries hôtes. Thèse ès Sci Nat., Univ. Orléans, 270 p.
- AUGE T.** (1985) - Platinum-group-mineral inclusions in ophiolite chromitite from the Vourinos, Greece. *Can. Mineral.*, 23, 163-171.
- AUGE T.** (1988) - Platinum-group-minerals in the Tiëbaghi and Vourinos ophiolites complexes; genetic implications. *Can. Mineral.*, 26, 177-192.
- AUGE T., JOHAN Z.** (1988). - Comparative study of chromite deposits from Troodos, Vourinos, North Oman and New Caledonia ophiolites. Mineral deposits within the European Community (Spec. publ.), 6, 267-288.
- BAGNOLD R.A.** (1954) - Experiments on a gravity-free dispersion of large solid spheres in a Newtonian fluid under shear. *Proc. Roy. Soc. London*, 225, 49-63.
- BANNISTER F.A., HEY M.H.** (1932) - Determination of minerals in platinum concentrates from the Trasvaal by X-ray methods. *Mineral Mag.*, 23, 188-206.
- BARD J-P.** (1980) - Microtexture des roches magmatiques et métamorphiques.
- BAROZ F., MACAUDIERE J., MONTIGNY R., NOGHREYAN M., OHNENSTETTER M., ROCCI G.** (1982) - Ophiolites and related formations in the central part of the Sabzevar range (Iran) and possible geotectonic reconstruction. Ed. Special sur la geotransverse iranienne.
- BARNES S.J., NALDRETT A.J., GORTON M.P.** (1985) - The origin of the fractionation of platinum-group elements in terrestrial magmas. *Chem. Geol.*, 53, 303-323.
- BASU A-R., MCGREGOR I-D.** (1975) - Chromite spinels from ultramafic xenoliths. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 39, 937-945.
- BEBIEN J., OHNENSTETTER D. et M., VERGELY P.** (1980) - Diversity of the Greek ophiolites. Birth of oceanic basins in transcurrent systems. *Ophioliti*, 3, 1874-1882.
- BEBIEN J., BLANCHET R., CADET J-P., CHARVET J., CHOROWICZ J., LAPIERRE H., RAMPNOUX J-P.** (1978) - Le volcanisme triasique des Dinarides en Yougoslavie : sa place dans l'évolution géotectonique péri-méditerranéenne. *Tectonophysics*, 47, 159-176.
- BECCALUVA L., OHNENSTETTER D., OHNENSTETTER M., VENTURELLI G.** (1977) - The trace element geochemistry of Corsican ophiolites. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 64, 11-31.
- BECCALUVA L., OHNENSTETTER M., OHNENSTETTER D.** (1979) - Geochemical discrimination between ocean-floor and island-arc tholeiites - Application to some ophiolites. *Can. J. Earth Sci.*, 16, 1874-1882.

- BECCALUVA L. MACCIOTTA G. PICCARDO G-B. ZEDA O.** (1989) - Clinopyroxene composition of ophiolites basalts as petrogenetic indicator. *Chem. Geol.*, 77, 165-182.
- BECKER R., AGIORGITIS G.** (1978) - Iridium, osmium, and palladium distribution in rocks of the Troodos Complex, Cyprus. *Chem. Erde*, 37, 302-306.
- BEGIZOV V.D., ZAV'YALOV V.I., KHOVOSTOVA V.P.** (1976) - The minerals of the erlichmanite-laurite and hollingworthite-irarsite series from Urals placers. *Zap. Vses. Mineral. Obshch.*, 105, 213-218 (*en russe*).
- BEGIZOV V.D., BORIENSKO L.F., USKOV Y.D.** (1975) -Sulfides and natural solid solution of platinum metals from the ultrabasites of the Gusevogoskiy plton, Urals. *Doklady Akad. Nauk. SSSR*, 255, 1408-1411 (*Traduction en anglais de Doklady Akad. Nauk. SSSR*, 225, 134-137).
- BEGIZOV V.D., ZAVLYALOV E.N., RUDASHEVSKII N.S., VYAL'SOV L.N.** (1985) - Kashinite (Ir,Rb)2S3 - a new iridium rhodium sulphide. *Zap. Vses. Mineral. Obsh.*, 114 (5), 622-627 (*en russe*).
- BERLINCOURT L.E., HUMMEL H.H., SKINNER B.J.** (1981) - Phases and phase relations of the platinum-group elements. In : "Platinum-group elements : mineralogy, geology, recovery". L. J. Cabri ed., CIM Spec., 23, 19-46.
- BERRY L.G., THOMPSON R.M.** (1962) - X-ray Powder data for ore minerals : The Peacock Atlas. *Amer. geol. soc., Mem.*, 85 p.
- BETEKHTIN A.G.** (1937) - Shordzha chromite-bearing peridotite massif (in Transcaucasia) and the origin of the deposits of chrome iron-stone in general. In : *Chromites of the USSR*, 1: Izd-vo An SSSR, Moscow-Leningrad.
- BEURRIER M.** (1982)- Géologie de la nappe ophiolitique de Samail dans les parties orientales et centrales des Montagnes d'Oman. Thèse.
- BEURRIER M., OHNENSTETTER M., CABANIS B., LESCUYER J.L., TEGYEY M. LE METOUR J.** (1989) - Géochimie des filons doléritiques et des roches volcaniques ophiolitiques de la nappe de Semail : contraintes sur leur origine géotectonique au Crétacé supérieur. *Bull. soc. géol. Fr.*, 2, 205-219.
- BILGRAMI S. A.** (1963) - Further data on the chemical composition of Zhob Valley chromites. *Amer. Mineral.*, 48, 573-587.
- BINGOL A.F.** (1978) - Pétrologie du massif ophiolitique de Pozanti-Karsanti (Taurus cilicien, Turquie) : étude de la partie orientale: Thèse 3^e cycle., Univ. Louis Pasteur, Strasbourg, 227 p.
- BIRD M.L., CLARK A.L.** (1976) - Microprobe study of olivine chromitites of the Goodnews bay ultramafic complex, (Alaska) and the occurrence of platinum. *J. Res., U.S. Geol. Survey*, 4, 6, 717-725.

- BLUM J.D., PELLIN M.J., CALAWAY W.F., YOUNG C.E., GRUEN D.M., HUTCHEON I.D., WASSERBURG G.J.** (1990) - In situ measurement of Osmium concentrations in iron meteorites by resonance ionization of sputtered atoms. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 54, 875-881.
- BONNEAU M.** (1984) - Correlation of the Hellenide nappes in the southeast Aegean and their tectonic reconstruction. In : The geological evolution of the eastern Mediterranean. J. E. Dixon and A.H.F. Robertson eds. *Geol. soc. spec. publ.*, 17, 517-527.
- BORCHERT H.** (1960) - Erfahrungen an türkischen Chromerzlagerstätten. In : "Symposium on chrome ore", CENCO, Ankara, 92-108.
- BORCHERT H.** (1961) - Zusammenhänge zwischen Lagerstättenbildung, Magmatismus und Geotektonik. *Geol. Rundsch.*, 50, 131-165.
- BORCHERT H.** (1964) - Principles on the genesis and enrichment of chromite ore deposits. In : "Methods of prospecting for chromite". R. Woodthill and D. Ostle, eds. *Organ. Econ. Coop. Devel.*, Paris, 175-202.
- BOSHNIJAKU B.** (1981) - Rapport gjeologjik Kepenekut me llogaritjen e rezervave me gjëndje 1, 1, 1981, Ndërrmarja gjeologjike B. Curri, Albanie (*en albanais*).
- BOSHNIJAKU B.** (1991) - Tiparet kryesore të mineralizimeve të E.G.P. në vendburimin e Bregut të Bibës. Mendime mbi perspektiven e kërkimit të platinoideve në masivin ultrabazik të Tropojës. Thèse 3^e cycle, Univ. Tirana, Albanie (*en albanais*).
- BOTTINGA Y., ALLEGRE C.J.** (1973) - Thermal aspects of sea-floor spreading and the nature of the oceanic crust. *Tectonophysics*, 18, 1-17.
- BOUDIER F., NICOLAS A.** (1972) - Fusion partielle gabbroïque dans les lherzolites Lanzo (Alpes piémontaises). *Bull. Suisse Miner. Petrol.*, 52, 39-56.
- BOUDIER F., NICOLAS A.** (1977) - Structural control on partial melting in the Lanzo peridotites. In: "Magma Genesis". H.J.B. Dick ed. *Bull. Oregon. Dept. Geol. Miner. Ind.*, 96, 63-78.
- BOUDIER F., COLEMAN R.G.** (1981) - Cross section through the peridotite in the Samail ophiolite Southeastern Oman Mountains. *J. Geophys. Res.*, 86, 2573-2592.
- BOUCHEZ J. L.** (1971) - Exemples de traitement automatique des données numériques en géologie structurale et en pétrologie. Thèse de 3^e cycle, Nantes, 117 p.
- BOUCHEZ J. L.** (1977) - Le quartz et la cinématique des zones ductiles. Thèse ès Sci. Nat., Nantes, 176 p.
- BOWEN N.L., TUTTLE O.F.** (1949) - The system MgO-SiO₂-H₂O. *Geol. soc. Amer. Bull.*, 60, 439-460.
- BOWLES J.F.W.** (1981) - The distinctive suite of platinum-group minerals from Guma Water, Sierra Leone. *Bull. Minéral.*, 104, 478-483.

- BOYD R., NILSSON L.P., PEDERSEN R.B., BAKKE S., BOASSEN T., GRENNE T., GRONLIE A., JOHANNESSEN G.M.** (1990) - Geochemistry of platinum metals in ophiolites in Norway. Final Report, vol. 1, 220 p.
- BRYNARD H.J., DE VILLIERS J.P.R., VILJOEN E.A.** (1976) - A mineralogical investigation of the Merensky Reef at the Western Platinum mine, near Marikana, South Africa. *Econ. Geol.*, 71, 1299-1307.
- BUNCH T-E. OLSEN E.** (1975) - Distribution and significance of chromium in meteorites. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 39, 911-927.
- BURNS M-V. BURNS G-R.** (1975) Mineralogy of chromium. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 39, 903-910.
- CABANIS B.** (1986) - Identification des séries magmatiques dans les socles métamorphiques sur la base de critères géologiques, pétrographiques et géochimiques. Thèse 3^e cycle, Univ. Paris VI.
- CABRI L.J.** (1972) - The mineralogy of the platinum-group elements. *Mineral. Sci. Engenering.*, 14, 3, 3-28.
- CABRI L.J., HALL S.R., SZYMANSKI J.T., STEWART J.M.** (1973) - On the transformation of cubanite. *Can. Mineral.*, 12, 33-38.
- CABRI L.J., LAFLAMME J.H.G., STEWART J.M.** (1973) - Temagamite, a new palladium-mercury telluride from the Temagami copper deposit, Ontario, Canada. *Can. Mineral.*, 12, 193-198.
- CABRI L.J., OWENS D.R., LAFLAMME J.H.G.,** (1973) - Tulameenite, a new platinum-iron-copper mineral from placers in the Tulameen river area, British Columbia. *Can. Mineral.*, 12, 21-25.
- CABRI L.J., LAFLAMME J.H.G.** (1974) - Sudburyite, a new palladium-antimony mineral from Sudbury, Ontario. *Can. Mineral.*, 12, 275-279.
- CABRI L.J., HEY M.H.** (1974) - Platiniridium-confirmation as a valid mineral species. *Can. Mineral.*, 12, 299-303.
- CABRI L.J., LAFLAMME J.H.G.** (1974) - Rhodium, platinum, and gold alloys from the Stillwater complex. *Can. Mineral.*, 12, 399-403.
- CABRI J.L., FEATHER C.E.** (1975) - Platinum-group alloys: a nomenclature based on a study of natural and synthetic alloys. *Can. Mineral.*, 13, 117-126.
- CABRI L.J., HARRIS C.D.,** (1975) - Zoning in Os-Ir alloys and the relation of the geological and tectonic environment of the source rocks to the bulk Pt/Pt+Ir+Os ratio for placers. *Can. Mineral.*, 13, 266-274.
- CABRI L. J. , LAFLAMME J.H.G.** (1976) - The mineralogy of the platinum-group elements from some copper-nickel deposits of the Sudbury area, Ontario. *Econ. Geol.*, 71, 1159-1195.
- CABRI L. J. , CHEN T.T., STEWART J.M., LAFLAMME J.H.G.** (1976) - Two new palladium-arsenic-bismuth minerals from the Stillwater Complex, Montana. *Can. Mineral.*, 14, 410-413.

- CABRI L.J., CLARC A., CHEN T.T. (1977) - Arsenopalladinite from Itabira, Brazil and from the Stillwater Complex, Montana. *Can. Mineral.*, 15, 70-73.
- CABRI L.J., ROSENZWEIG A., PINCH W.W. (1977) - Platinum-group minerals from Onverwacht. I- Pt-Fe-Cu-Ni alloys. *Can. Mineral.*, 15, 380-384.
- CABRI L.J., LAFLAMME J.H.G., STEWART J.M. (1977) - Platinum-group minerals from Onverwacht. II- Platarsite, a new sulfarsenide of platinum. *Can. Mineral.*, 15, 385-388.
- CABRI L.J., STEWART J.M., LAFLAMME J.H.G., SZYMANSKI J.T. (1977) - Platinum-group minerals from Onverwacht. III- Genkinite, $(Pt, Pd)_4Sb_3$, a new mineral. *Can. Mineral.*, 15, 389-392.
- CABRI L. J. , LAFLAMME J.H.G. , STEWART J.M., TURNER K., SKINNER B.J. (1978) - On cooperite, braggite and vysotskite. *Amer. Mineral.*, 63, 832-839.
- CABRI L. J. , ROWLAND J.F., LAFLAMME J.H.G. , STEWART J.M., (1979) - Keithconnite, telluropalladinite and other Pd-Pt tellurides from the Stillwater complex, Montana. *Can. Mineral.* 17, 589-594.
- CABRI L. J. , CRIDLE A.J., LAFLAMME J.H.G. , BEARNE G. S., HARRIS D. C. (1981) - Mineralogical study of complex Pt-Fe nuggets from Ethiopia. *Bull. Mineral.*, 104, 508-525.
- CABRI L. J. (1981) -The platinum-group elements, *In* : "Platinum-group elements : mineralogy geology, recovery". L.J. Cabri ed. CIM spec., 23.
- CABRI L. J. , LAFLAMME J.H.G. (1981) - Analyses of minerals containing platinum-group elements. *In* : "Platinum-group elements" : mineralogy geology, recovery". L.J. Cabri ed. CIM spec., 23.
- CABRI L.J., LAFLAMME J.H.G., ROBERTS A.C., CRIDDLE A.J., HULBERT L.J. (1991) - Jolliffeite and unnamed $CoAsSe$: two new arsenoselenides from the north shore of lake Athabasca, Saskatchewan. *Can. Mineral.* 29, 411-418.
- CADET J-P., BONNEAU M., CHARVET J., DURR S., ELTER P., FERRIERE J., SCANDONE P., THIEBAULT F. (1980) - Les chaines de la Méditerranée moyenne et orientale. *In* : "Géologie de chaines alpines issues de la Téthys". 26 CGI, Paris, 98-118.
- CAMERON E. N. (1977) - Chromite in the central sector of the eastern Bushveld complex, South-Africa. *Amer. Mineral.*, 62, 1082-1096.
- CAMERON E. N. (1980) - Evolution of lower critical zone, central sector, eastern Bushveld Complex, and its chromite deposits. *Econ. Geol.*, 75, 845-871.
- CAMERON W-E. (1985) Petrology and origin of primitive lavas from the Troodos ophiolites, Cyprus. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 89, 239-255.
- CAMPBELL I-H. (1977) - A study of macro-rhythmic layering and cumulate processes in the Kimberlana intrusion, Western Australia. Part I-The upper layered series. *J. Petrol.*, 18, 183-215.
- CAPOBIANCO CH.J., DRAKE M.J. (1990) - Partitioning of ruthenium, rhodium, and

- palladium between spinel and silicate melt and implications for platinum group element fractionation trends. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 54, 869-878.
- CHAMBERLAIN J.A.** (1966) Heazlewoodite and awaruite in serpentinites of the Townships, Quebec. *Can. Mineral.*, 8, 519-522.
- CANN J.R.** (1970) - Rb, Sr, Y, Zr, and Nb in some ocean-floor basaltic rocks. *earth Planet. Sci. Lett.*, 19, 7-11.
- CANN J.R.** (1974) - A model for oceanic crustal structure developed. *Geophys. J. Res. Astr. Soc.*, 49, 169-187.
- CASSARD D.** (1980) - Structure et origine des gisements de chromite du massif du Sud (Ophiolites de la Nouvelle Calédonie) Thèse de 3^e cycle. Nantes, 280 p.
- CASSARD D., NICOLAS A., RABINOVITCH M., MOUTTE J., LEBLANC M., PRINZHOFER A.** (1981) - Structural classification of chromite pods in southern New Caledonia. *Econ. Geol.*, 76, 805-831.
- CEULENNER G.** (1986) - Structures des ophiolites d'Oman; flux mantellaire sous un centre d'expansion océanique et charriage à la dorsale. Thèse ès Sci. Nat., Univ. Nantes, 335 p.
- CHARVET J.** (1978) - Essai sur un orogène alpin. Géologie des Dinarides au niveau de la transversale de Sarajevo (Yougoslavie). Thèse ès Sci. Nat..
- CHARVET J.** (1980) - Développement de l'orogène dinarique d'après l'étude du secteur transversal de Sarajevo (Yougoslavie). *Revue de géol. Dyn. Géogr. Phys.*, 22, 1, 29-50.
- CHILDS J.D., HALL S.R.** (1973) - The crystal structure of braggite, (Pt,Pd,Ni)S. *Acta Crystallogr.*, B29, 1446-1451.
- CHOROVITZ J., CADET J.P., STEPHAN J.F.** (1981) - Le secteur transversal de Scutari-Pec. Apports de l'étude de la fracturation à partir des données Landsat. *Bull. soc. géol. de Fr.*, 7, 12, 3, 217-228.
- ÇINA A., OHNENSTETTER M., JOHAN Z., KARAJ N., NEZIRAJ A.** (1991) - Les mineralisations en EGP du manteau et des cumulats d'Albanie. In : "Colloque sur la géologie d'Albanie", SGF ed., Paris.
- ÇINA A., MUSTAFAJ M.** (1966) - Perberja kimike e kromshpinelideve te disa vendburimeve dhe disa shfaqjeve te mineralizuara te masivit ultrabazik te Kam-Tropojes. *Permbl. Stud.*, 4 . Tirana, Albanie.
- ÇINA A., MUSTAFAJ M.** (1967) - Raport mbi studimin mineralogjik te disa vendburimeve te kromit ne masivin ultrabazik te Kam-Tropojes. Tirana, Albanie
- ÇINA A., CASLLI H., GOCI L.** (1986) - Chromites in the ophiolites of Albanides. In : "Chromite". UNESCO'S. IGCP-197. Project. Metallogeny of ophiolites. Theophrastu. Publ. S.A., Athens, 107-126.
- ÇINA A., TASHKO A., TERSHANA A.** (1987) - The Bulqiza and Gomsiqe ultrabasic massifs, ophiolites of Albanides : a geochemical comparison. *Ofioliti* 12 (1) ,

219-236.

- ÇINA A.** (1989) - Mineralizime të elementëve të grupit të platinit në kompleksin ofiolitik të Albanideve. Bull. Shkenc. Gjeol., 4, 125-140 (*en albanas*).
- COCHERIE A., AUGÉ T., MEYER G.** (1989) - Geochemistry of the platinum-group elements in various types of spinels from the Vourinos ophiolitic complex, Greece. *Chemical Geol.*, 77, 27-39.
- COLEMAN R. G.** (1977) - Ophiolites. *Minerals and rocks*. Springer Verlag ed., 12, 229.
- ÇOLLAKU A., CADET J.-P.** (1991) - Sur l'allochtonie des Albanides : apport des données de l'Albanie septentrionale : des éléments de réponse sur les modalités de la mise en place des ophiolites. *Bull. soc. géol. Fr.*, 163, 455-468.
- ÇOLLAKU A., CADET J.-P., BONNEAU M., JOLIVET L.** (1992) - L'édifice structural de l'Albanie septentrionale : des éléments de réponse sur les modalités de la mise en place des ophiolites. *Bull. soc. géol. France.*, 163, 4, 455-468.
- CONN H.K.** (1979) - The Johns-Manville platinum-palladium prospect, Stillwater complex, Montana, U.S.A. *Can. Mineral.*, 17, 463-468.
- CONQUERE F.** (1971) - Les pyroxénites à amphiboles et les amphibolites associées aux lherzolites du gisement de Lherz (Ariège, France): un exemple du rôle de l'eau au cours de la cristallisation fractionnée des liquides issus de la fusion partielle des lherzolites. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 33, 32-61.
- CONSTANDINIDES C.C., KINGSTON G. A., FISHER P.C.** (1979) - The occurrence of platinum-group minerals in the chromitites of the Kokkinorotsos chrome mine, Cyprus. In : "Ophiolites", *Proced. Internat. Ophiolite Symp.*, Cyprus, A. Panayiotou ed. 93-101.
- COOPER R.A.** (1928) - A new platinum mineral in the Rustenburg norites. *J. Chem. Metall. soc. South Africa.*, 28, 281-283.
- CORRIVAUX L., LAFLAMME G.H.J.** (1990) - Minéralogie des éléments du groupe du platine dans les chromitites de l'ophiolites de Thetford Mines, Québec. *Can. Mineral.*, 28, 579-595.
- COUSINS C.A., VERMAK C.F.** (1976) - The distribution of Southern Africa ore deposits to the geochemistry of the P.G.M. *Econ. Geol.*, 71, 287-305.
- CROCKET J.-H.** (1979) - Platinum-group-elements in mafic and ultramafic rocks a Severy. *Can. Mineral.*, 17, 391-402.
- CZAMANSKE G.K., KUNILOV V.E., ZIENTEK M.L., CABRI L.J., LIKHACHEV A.P., CALK L. C., OSCARSON R.L.** (1992) - A proton-microprobe study of magmatic sulfide ores from the Noril'sk-Talnakh district, Siberia. *Can. Mineral.*, 30, 249-287.
- DAROT M.** (1973) - Méthodes d'analyse structurale et cinématique. Application à l'étude du massif de la Sierra Bermeja (Serranía de Ronda-Andalousie-Espagne). Thèse de 3^e cycle, Nantes, 120 p.
- DAROT M., BOUDIER F.** (1975) - Mineral lineation in deformed peridotites, kinematic meaning. *Petrology*, 1, 3, 225-236.

- DAVIES H.-L.** (1980) - Folded thrust fault and associated metamorphic in the Suchling-Dayman massif, New Guinea. *Amer. J. Sci.*, 280-A 171-191.
- DE BERGEVIN F., MULDAWER L.** (1961) - Etude cristallographique de certains alliages fer-rhodium. *Comp. Rend.*, 252, 1347-1349.
- DEER, HOWIE, ZUSSMAN.** An introduction to the rock forming minerals.
- DE LA ROCHE H., OHNENSTETTER D.** (1979). - Explication globale des analyses des roches. Implications pétrogénétiques et métallogéniques. *Mém. du B.R.G.M.* n°97.
- DERCOURT J.** (1972) - The Canadian Cordillera, the Hellenides and the sea floor spreading theory. *Can. J. Earth Sci.*, 9, 6, 709-743.
- DESBOROUGH G.A.** (1980) - Rhodium-iridium-platinum sulfide in platinum alloy nuggets, Goodnews bay, Alaska. *IMA. 12th Gen. Meet.*, Orléans, Résumé.
- DESBOROUGH G.A., CRIDDLE A.J.** (1984) - Bowieite : a new rhodium-iridium-platinum sulfide in platinum alloys nuggets, Goodnews Bay, Alaska. *Can. Mineral.*, 2 543-552.
- DICK H.J.B.** (1977) - Partial melting in the Josephine Peridotite. I- the effect on mineral composition and its consequences for geobarometry and geothermometry. *Amer. J. Sci.*, 277, 801-832.
- DICK H.J.B., BULLEN T.** (1977) - Chromian spinel as a petrogenetic indicator in abyssal alpine-type peridotites and spatially associated lavas. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 86, 54-76.
- DICK H.J.B., SINTON J.M.** (1979) - Compositional layering in alpine peridotites: evidence for pressure solution creep in the mantle. *J. Geol.*, 87, 403-416.
- DICKEY J.-J.-R.** (1975) A hypothesis of origin for podiform chromite deposits. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 39, 1061-1074.
- DIMITRIJEVIĆ M.D., DIMITRIJEVIĆ M.N.** (1973) - Olistostrome melange in the Yugoslavian Dinarides and late Mesozoic plate tectonics. *J. Geol.*, 81, 328-340.
- DISTLER V.V., KRYACHKO V.V., LAPUTINA I.P.** (1986) - Evolution of platinum-group parageneses in Alpine-type ultramafic. *Geol. Rudnykh Mestorozhdeniy*, 5, 16-33.
- DHIMA K.** (1973) - Raport mbi rezultat e punimeve gjeologo-kerkuese ne vendburimin Rragam-1 dhe llogaritja e rezervave me gjendje 30/6/1973. *Entreprise Géol. de B Curri, Albanie.*
- DMITRENKO G.-G., PALANDZHYAN S.-A.** (1988) - Petrochemical criteria for alpine-type ultramafite serpentinisation. Traduction de *Geochimika Nauk, SSSR.*, 1249-1260.
- DUNGAN M.A., AVE LALLEMANT H.G.** (1977) - Formation of small dunite bodies by metasomatic transformation of harzburgite in the Canyon Mountain ophiolite, northeast Oregon. *Bull. Oregon Dept. Geol. Min. Indust.* 96, 109-128.

- ECONOMOU-ELIOPULOS M., PARASKEVOPULOS G-M.** (1989). - Platinum-group elements and gold in komatiitic rocks from the Agrilla formation, Othrys ophiolite complex, Greece. *Chem. Geol.*, 77, 149-158.
- EGGLER D.H.** (1972) - Water-saturated and undersaturated melting relations in a Paricutin andesite and an estimate of water content in the natural magma. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 34, 261-271.
- ELLIOT R.P.** (1965) - Constitution of binary alloys Its supplement, Materials Science and engineering Series. McGraw-Hill Book Co., New York, 877 p.
- ENGİN T., HIRST D.M.** (1970) - The alpine chrome ores of the Andızlık-zımparalık area, Fethiye, southwest Turkey. *Trans. Inst. Min. Metall., sect. B*, 79, 16-29.
- EVANS B.W., FROST B.R.** (1975) - Chrome-spinel in progressive metamorphism - a preliminary analysis. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 39, 959-972.
- FALLOT M.** (1938) - *Ann. Phys.*, 10, 291-332.
- FEATHER C.E.** (1976) - Mineralogy of platinum-group minerals in the Witwatersrand, South Africa. *Econ. Geol.*, 71, 1399-1428.
- FERRARIO A., GARUTI G.** (1990) - Platinum-group mineral inclusions in the chromitites of the Finero mafic-ultramafic complex (Ivrea-zone, Italy). *Mineral. Petrol.*, 41, 125-143.
- FERRIERE J.** (1982) - Paléogéographies et tectoniques superposées dans les Hellénides internes au niveau de l'Othrys et du Pelion (Grèce). Thèse ès Scie, Nat., Lille, 970 p.
- FISK M.R., BENCE A.E.** (1980) - Experimental crystallization of chrome in Famous basalt 527-1-1, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 48, 111-123.
- FISHER W., AMOSSE J., LEBLANC M.** (1987) - PGE Distribution in some ultramafic rocks and minerals from the Bou-Azzer ophiolite complex (Morocco). In: "Geo-platinum. 87", 199-210.
- FLEET M.E., STONE W.E.** (1990) - Partitioning of platinum-group elements in the Fe-Ni-S system and their fractionation in nature. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 55, 245-253.
- FLEISCHER M., PABST A., MANDARINO J.A., CHAO G.Y., CABRI J.L.** (1976) - New minerals names. *Americ. Mineral.*, 65, 808-814.
- FLEISCHER M., CABRI J.L., CHAO G.Y., PABST A.** (1980) - New minerals names. *Americ. Mineral.*, 61, 174-186.
- FLOYD P.A., WINCHESTER J.A.** (1975) - Magma type and tectonic setting discrimination using immobile elements. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 27, 211-218.
- FRANCIS D-M.** (1976) - LORONA bearing pyroxene granulite xenoliths and the lower crust beneath Nunivak Island, Alaska. *Can. Mineral.*, 14, 291-298.
- GAUTHIER M., CORRIVAUX L., TROTTIER L.J., CABRI J.L., LAFLAMME G.H.J., BERGERON M.** (1990) - Chromitites platinifères des complexes ophiolitiques de l'Istrie- Beuce, Appalaches du Sud du Québec. *Mineral. Deposita*, 25, 169-178.

- GIJBELS R.H., MILLARD H.T., DESBOROUGH G.A., BARTEL A.J.** (1974) - Osmium, ruthenium, iridium and uranium in silicates and chromite from the eastern Bushveld Complex, South Africa. *Geochem. Cosmochim., Acta*, 38, 319-337.
- GIRARDEAU J.** (1979) - Structure des ophiolites de l'ouest de Terre Neuve et modèle de croûte océanique. Thèse de 3^e cycle, Nantes, 154 p.
- GJIVOVLI G.** (1978) - Raport gjeologjik mbi punimet e kerkim-zbulimit ne zonen e Rragamit dhe llogaritja e rezervave me gjendje 1978 (*en albanats*).
- GREEN D-H.** (1976) - Experimental testing of "equilibrium" partial melting of peridotites under water-saturated, high pressure conditions. *Can. Mineral.*, 14, 255-268.
- GREENBAUM D.** (1977) - The geology and evolution of the Troodos plutonic complex and associated chromiotes deposits, Cyprus, Ph. D., Leeds.
- GRONVOLD F., HARALDSEN H., KJEKSHUS A.** (1960) - On the sulfides, selenides and tellurides of platinum. *Acta Chem. Scand.*, 14, 1879-1893.
- GROVE T.L.** (1981) - Use of FePt alloys to eliminate the iron loss problem in 1 bar atmosphere gas mixing experiments: theoretical and practical considerations. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 78, 298-304.
- GUNN A.G.** (1989) - Drainage and overburden geochemistry in exploration for platinum-group element mineralisation in the Unst ophiolite, Shetland, U.K. *J. Geochim. Explor.*, 31, 209-236.
- HAGEN D. WEISER TH., HTAY T.** (1990) - Platinum-group minerals in quaternary gold placers in the Upper Chindwin area of Northern Burma. *Mineral. Petrol.*, 42, 265-286.
- HALLAÇI H., GORLAZE S., YLLI M., LANGORA L., GJONI V., DHIMA K., CENI R.**, (1989) - Ligjësitë e përqëndrimit të mineralizimit kromitik në masivët e brezit lindor të shkëmbinjëve ultrabazikë. *Bull. Shkenc. Gjeol.* 4, 67-76, Albanie (*en albanias*).
- HANNINEN E., TORNROSS R., LAHTI S.I.** (1986) - Stillwaterite and associated platinum group minerals from Siikakama layered mafic intrusion, northern Finland. *Lithos*, 19, 87-93.
- HANSEN M., ANDERKO K.** (1958) - Constitution of binary alloys. Metallurgy and Engineering Series McGraw-Hill Co., New York, 1305 p.
- HARKINS E-M., GREEN II. H-W., MOORES E-H.** (1980) Multiple intrusive events documented from the Vourinos ophiolite complex, Northern Greece. *American J. Sci.*, 280-A, 284-295.
- HARNOIS L., MORENCY M.** (1989) - Geochemistry of Mount Orford ophiolite complex Northern Appalachian, Canada. *Chem. Geol.*, 77, 133-147.
- HARRIS D.C., CABRI L. J.** (1973) - The nomenclature of the natural alloys of osmium, iridium and ruthenium based on new compositional data of alloys world-wide occurrences. *Can. Mineral.*, 12, 104-112.

- HARRIS D.C., CABRI L.J.** (1991) - Nomenclature of platinum-group-element alloys : review and revision. *Can. Mineral.*, 29, 231-237.
- HATTORI K., CABRI L.J.** (1992) - Origin of the platinum-group-mineral nuggets inferred from an Osmium-isotope study. *Can. Mineral.*, 30, 289-301.
- HEBERT R., LAURENT R.** (1989) - Mineral chemistry of ultramafic and plutonic rocks of the Appalachian ophiolites, Quebec, Canada. *Chem. Geol.*, 77, 265-285.
- HEBERT R., SERRI G., HEKIMAN R.** (1989). Mineral chemistry of ultramafic tectonites and ultramafic to gabbroic cumulates from the major oceanic basins and Northern Apennine ophiolites (Italy); A comparison. *Chem. Geol.*, 77, 183-207.
- HENOC J., TONG M.** (1978) - Automatisation de la microsonde. *J. Microsc. Spectrosc. Electron.*, 3, 247-254.
- HENRY D-J., MEDARIS L-G.** (1980) - Application of pyroxene and olivine-spinel geothermometer to spinel peridotites in Southern Oregon. *Amer. J. Sci.*, 280-A, 211-231.
- HEY M.H.** (1954) - A new review of the chlorites. *Min. Mag.*, 30, 277.
- HEYDING D.C., CALVERT L.D.** (1961) - Arsenides of the transition metals IV. A note on the platinum metal arsenides. *Can. J. Chem.*, 39, 955-957
- HIEMSTRA S. A.** (1979) -The role of collectors in the formation of platinum deposits in the Bushveld complex. *Can. Mineral.*, 17, 469-482.
- HILL R., ROEDER P.** (1974) -The crystallization of spinel from basaltic liquid as a function of oxygen fugacity. *J. Geol.*, 92, 709-729.
- HIMMELBERG G-R., LONEY R-A.** (1980) - Petrology of ultramafic and gabbroic rocks of the Canyon Mountain ophiolite, Oregon. *Amer. J. Sci.*, 280-A, 232-268.
- HOCK V., KOLLER F.** (1989). - Magmatic evolution of the Mesozoic ophiolites in Austria. *Chem. Geol.*, 77, 209-227.
- HOPSON C.A., PALLISTER J.S.** (1980) - Semail ophiolites magma chamber. I- Evidence from gabbro phase variation, internal structure and layering. *Internat. Ophiolite Symposium, Nicosia, Cyprus*, 402-404.
- HOPSON C.A., COLEMAN R.C., GREGORY R.T., PALLISTER J.S., BAILEY E.H.** (1981) - Geology section through the Semail ophiolite and associated rocks along a Muscat-Ibra transect, Southeastern Oman Mountains. *J. Geophys. Res.*, 86, 2527-2544.
- HOXHA S., ZYKO I., DOBI A., MULOSMANI I., KOTANI V.** (1978) - Projekt gjeologjik mbi punimet e kerkimit e kerkim-zbulimit ne zonen Rragam, Lugu i Zi per vitin 1978. Nd. Gjeol. B Curri, Albanie.
- HOXHA S., MULOSMANI I.** (1979) - Projekt gjeologjik mbi punimet e kerkimit dhe kerkim-zbulimit ne zonen Rragam per vitin 1979, B. Curri, Albanie.
- HOXHA S., NEZIRAJ A., ZENELI H.** (1981) - Projekt gjeologjik mbi punimet e kerkimit dhe kerkim-zbulimit ne zonen Dunishe Rragam Lugu i Zi dhe Pac per vitin

1981. Nd. Gjeol. B Curri, Albanie.
- HOXHA S., NEZIRAJ A., PONARI S., MULOSMANI I.** (1986) - Raport gjeologjik mbi punimet e kerkimit dhe kerkim-zbulimit ne zonen Rragam, Lugu i Zi, Tpla, Dege, Pac dhe llogaritja e rezervave me gjendje 31/2/1986. Nd. Gjeol. B Curri, Albanie.
- HUDSON D.R.** (1986) - Platinum group minerals from Kambalda Nickel deposits, Western Australia. *Econ. Geol.*, 81, 1218-1225.
- HUTCHINSON J.M.** (1972) - Solubility relationships in the Ruthenium-Platinum system. *Platinum. Metal. Rev.*, 16, 88-90.
- IRVINE T.N.** (1965) - Chromian spinel as a petrogenetic indicator. Part 1- theory. *Can. J. Earth Sci.*, 2, 648-671.
- IRVINE T.N.** (1967) - Chromian spinel as a petrogenetic indicator. Part 2- Petrologic applications. *Can. J. Earth Sci.*, 4, 71-103.
- IRVINE T.N., BARAGAR W.R.** (1971) - A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Can. J. Earth Sci.*, 8, 523-548.
- I. S. P. GJ.** (1982) - Harta gjeologjike e Shqiperise. Tirane 1982 (Carte géologique d'Albanie).
- JACKSON E.D., THAYER T.P.** (1972) - Some criteria for distinguishing between stratiform, concentric and alpine peridotite-gabbro complexes: 24^e CGI Montréal, 2, 298-296.
- JACKSON E.D., GREEN H.W., MOORES E.M.** (1975) - The Vourinos ophiolite Greece: cyclic units of lineares cumulates overlying harzburgite tectonite. *Geol. soc. Am. Bull.*, 86, 390-398.
- JACKSON M-D., OHNENSTETTER M.** (1981) - Peridotite and gabbroic structures in the Monte Maggiore massif, Alpine Corsica. *J. Geol.*, 89, 703-719.
- JAMBOR J.L.** (1989) - New mineral names. *Amer. Mineral.*, 74, 1215-1220.
- JAMIESON H.E., ROEDER P.L., GRANT A.H.** (1992) - Olivine-pyroxene-Pt-Fe alloys as an oxygen geobarometer. *J. Geol.*, 100, 138-145.
- JAGUES A.L., GREEN D.H.** (1980) - Anhydrous melting of peridotite at 0-15 kb pressure and the genesis of tholeiitic basalts. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 73, 287-310.
- JAGUES A.L.** (1981) - Petrology and petrogenesis of cumulate peridotites and gabbros from the Marum ophiolite complex, Northern Papua New Guinea. *J. Geol.*, 22, 1-40.
- JOHAN Z., LE BEL L., GEORGIU E.** (1982) -Environnement pétrologique des gisements de chromite du complexe ophiolitique du Troodos (Chypre). *Mém. BRGM-CNRS.*
- JOHAN Z., DUNLOP H., LE BEL L., ROBERT J-L., WOLFINGER M.** (1983) - Origin of chromite deposits in ophiolitic complexes Evidence for a volatile and sodium rich reducing fluid phase. *Fortsch. Mineral.*, 61, 105-107.

- JOHAN Z., AUGÉ T., COCHERIE A., JOHAN V., LE METOUR J., OHNENSTETTER M.** (1988) - Guides de prospection pour les gisements de platinoïdes. Etude de la zone d'Andriamena (Madagascar). Rapport préliminaire 1987-1988. B.R.G.M.
- JOHAN Z., OHNENSTETTER M.** (1989) - Comprehensive model for genesis of cromite deposits within ophiolite upper mantle. 28^e CGI, Washington, D.C.
- JOHAN Z., OHNENSTETTER M., SLANSKY E., BARRON L-M., SUPPEL D.** (1989) Platinum mineralization in the Alaskan-type intrusive complexes near Fifield, New South Wales, Australia. Part 1- Platinum-group minerals in clinopyroxenites of the Kelvin Grove Prospect, Owendale Intrusion. Mineral. Petrol., 40, 298-309 .
- JOHAN Z., OHNENSTETTER M., FISCHER W., AMOSSE J.** (1990) - Platinum-group minerals from the Durance river alluvium, France. Mineral. Petrol., 42, 287-306.
- JOHAN Z., SLANSKY E., OHNENSTETTER M.** (1991) - Isoferroplatinum nuggets from Milverton (Fifield, N.S.W., Australia): a contribution to the origin of PGE mineralisation in Alaskan-type complexes. C.R. Acad. Sci. Paris, 312, sér. II, 55-60.
- JOHANNESSEN G.M.** (1992) - Mineralogy of platinum group elements in the Caledonian Leka Ophiolite Complex. Cand. Scient. Thesis, Geological Institute, University of Bergen.
- JOHANSSON C.H., LINDE J.O.** (1925) - Ann. Physik, 78, 454-457.
- JOHANSSON C.H., LINDE J.O.** (1927) - Ann. Physik, 82, 459-477.
- JUTEAU T.** (1975) - Les ophiolites de la nappe d'Antalaya (Taurides occidentales, Turquie). Pétrologie d'un fragment de l'ancienne croûte océanique téthysienne. Annales de l'ENSG, mém., 32.
- KAADEN G. VAN DER** (1964) - The different concepts of the genesis of alpine-type emplaced ultrabasic rocks and their implications on chromite prospection: In : "Methods of prospection for chromite", R. Woodthl and D. Ostle, eds., Org. Econ. Coop. Devel., Paris, 79-92.
- KAADEN G. VAN DER**, (1970) - Chromite bearing ultramafic and related gabbroic rocks and their relationship to "ophiolitic" extusive basic rocks and diabase in Turkey. Geol. soc. South Africa spec. pub., 1, 511-531.
- KARAMATA S., MAJER V., PAMIĆ J.** (1980) - Ophiolites of Yugoslavia. Ophioliti, 1, 105-125.
- KARAJ N.** (1989) -Etude pétrologique et structurale de la région Nord-Ouest du massif ultrabastique de Bulqiza, Albanie. Mém., D.E.A. Univ. Orléans.
- KARAJ N.** (1992) - Fractionnement des éléments du groupe du platine dans le massif de Bulqiza, Albanie. Incidence sur la compréhension des processus métallogéniques dans les ophiolites. Thèse, Université d'Orléans.

- KARPINSKIY A.P.** (1926) - Probable origin of rocky deposits of platinum of the Uralian type. SSSR Izvestiya, sér. 6, 20, 1-2, 133-170.
- KEAYS R.R., CAMPBELL I.H.** (1981) - Precious metals in the Jimberlana intrusion, western Australia : implications for the genesis of platiniferous ores in layered intrusions. Econ. Geol., 65, 1118-1141.
- KEAYS R.R., CROCKET J.H.** (1970) - A study of precious metals in the Sudbury nickel intrusive ores. Econ. Geol., 65, 438-450.
- KEAYS R.R., DAVIDSON R.R.** (1976) - Palladium, iridium and gold in the ores and host of nickel sulfide deposits in western Australia. Econ. Geol., 71, 1214-1228.
- KEGIAO CH., NICHENG SH., ZHIZHONG P.** (1982) - A preliminary study of sulrhodite-a new platinum group mineral. Ko Hsueh Tung Pao 27: 492-496, (*en chinois*).
- KHOSTOVA V.P., GOLVNYA S.V., CHERNYSHEVA N.V., BUKHANOVA A.I.** (1976) - Distribution of the platinum group metals in chromite ores and ultramafic rocks of the RAZ-12 massif (Polar Urals). Geochem. Internat., 13, 35-39.
- KIM W.S., CHAO G.Y., CABRI J.L.** (1990) - Phase relations in the Pd-Te system. J. Less. Common. Metals., 162, 61-74.
- KIM W.S., CHAO G.Y.** (1991) - Phase relations in the system Pd-Sb-Te. Can. Mineral., 29, 401-409.
- KINLOCH E.D.** (1982) - Regional trends in the platinum-group mineralogy of the Critical Zone in the Bushveld complex, South Africa. Econ. Geol., 77, 1328-1347.
- KNIPPER A., RICOU L-E., DERCOURT J.** (1986) - Ophiolites as indicators of the geodynamic evolution of the Tethyan ocean. Tectonophysics, 123, 213-240.
- KNOP O., IBRAHIM M.A., SUTARNO.** (1966) - Chalcogenides of the transition elements, Iv. Pendlandite, a natural π phase. Can. Mineral., 8, 291-316.
- KODRA A.** (1976) - A propos de l'âge jurassique de la formation volcano-sédimentaire de la zone de Mirdita (*en albanais, résumé en français*), Përmbll. Studim. I.S.P.GJ., 1, 11-29, Tirana, Albanie.
- KODRA A., GJATA K.** (1982) - Les ophiolites dans le cadre de l'évolution des Albanides internes. (Résumé en français). Buletini Shkencave Gjeologjike, 4, 99-131.
- KODRA A.** (1987) - Schéma d'évolution paléogéographique et géotectonique des Albanides internes lors de triassico-jurassique (*en albanais, résumé en anglais*), Bull. Shkenc. Gjeol., 4, 99-131, Tirana, Albanie.
- KODRA A.** (1988) - Rifting of Mirdita's continental crust and the first stages of the oceanic opening during the jurassic. (Résumé en anglais). Bull. Shk. Gjeol., 2, 87-96. Tirana, Albanie.
- KORNPROBST J.** (1969) - Le massif ultrabasique de Beni-Bouchera (rif Interne, Maroc) : Etude des péridotites de haute température et de pression et des pyroxénolites, à grenat ou sans grenat, qui leur sont associées : Contr. Mineral. Pétrol., 23, p. 282-322.

- KORNPORST J., OHNENSTETTER D., OHNENSTETTER M.** (1982) - Na and Cr contents in clinopyroxene from peridotites: a possible discriminant between "sub-continental" and "sub-oceanic" mantle. *Earth Planet. Sc. Lett.*, 53, 241-254.
- KORNPORST J., OHNENSTETTER D., OHNENSTETTER M.** (1982) Na and Cr contents in clinopyroxene from peridotites: a possible discriminant between "sub-continental" and "sub-oceanic" mantle a reply to G. Sen. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 60, 455-459.
- KRETZ R.** (1966) - Interpretation of the shape of mineral grains in metamorphic rocks. *J. Petrol.*, 7, 68-94.
- KUSCHKE G.S.J.** (1940) - The critical zone of the Bushveld igneous complex, Lydenburg district. *Geol. soc. South Africa Trans.*, 42, 57-81.
- KUSHIRO I.** (1972) - Effect of water on the composition of magmas formed at high pressures. *J. Petrology* 13, 311-334.
- LAGO B.L., RABINOVICZ M., NICOLAS A.** (1980) - Podiform chromite ore bodies ; a genetic model. *J. Petrol.*, 23, p. 103-125.
- LANGORA L., BUSHATI S., LIKAJ N.** (1983) - Disa mendime për trajten e përhapjes së shkëmbinjëve ofiolitike të vendit tonë. *Bull. Shkenc. Gjeol.*, 2. Tirana, Albanie.
- LAURENT R., HEBERT R.** (1989) The volcanic and intrusive rocks of the Quebec Appalachians ophiolites (Canada) and their Island-arc setting. *Chem. Geol.*, 77, 287-302.
- LEBLANC M., CASSARD D., DUPUY C., MOUTTE J., NICOLAS A., PRINZHOFFER A., RABINOVITCH M.** (1980) - Essai sur la genèse des corps podiformes de chromite dans les péridotites ophiolitiques: étude des chromites de Nouvelle-Calédonie et comparaison avec celles de Méditerranée orientale. *Internat. Ophiolite Sympos.*, Nicosie, Chypre.
- LEBLANC M., GERVILLA-LINARES** (1987) - Platinum-group elements and Au distribution in Ni Arsenide-Chromite veins from the Rif-Betic Iherzolite massifs (Morocco-Spain). In : "Geo-Platinum", 87, 181-198.
- LEGENDRE O.** (1982) - Minéralogie et géochimie des platinoïdes dans les chromitites ophiolitiques. Comparaison avec d'autres types de concentrations en platinoïdes. Thèse 3^e cycle, Univ. Paris VI.
- LEGENDRE O., AUGÉ T., JOHAN Z., OHNENSTETTER M.** (1991) - Les minéraux du groupe du platine de la zone Ouest Andriamena (Madagascar). *Mém. BRGM.*
- LEHMANN J.** (1983) - Diffusion between olivine and spinel - application to geothermometry. *Earth and Planet. Sci. Lett.*, 64, 123-138.
- LEONARD B.F., DESBOROUGH G.A., PAGE N.J.** (1969) - Ore microscopy and chemical composition of some laurites. *Amer. Mineral.*, 54, 1330-1346.
- LINDE J.O.** (1932) - *Ann. Physik*, 14, 699-711.

- LIU J-G., ERNST W-G.** (1979) - Oceanic ridge metamorphism of the east Taiwan ophiolites. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 68, 335-348.
- LOUCKS R.R., Mc CALLUM M.E.** (1978) - P.G.M. in the new Rambler copper-nickel deposit, Wyoming : a preliminary report. *Sulf. plat. met. ore mic.* In : "Proced of 11th Gen Meet.", IMA 200-218.
- MACDONALD G.A., KATSURA T.** (1964) - Chemical composition of hawailian lavas. *J. Petrol.*, 5, 82-133.
- MAKOVICKY . M .,E., ROSE-HANSEN J.** (1988) - Experimental evidence on the formation and mineralogy of platinum and palladium ore deposits. *Mineral deposits within European Community (spec. publ)*, 6, 303-317.
- MALPAS J., STRONG D-F.** (1979) - A comparalson of chrome-spinel in ophiolites and monte diapirs of Newe Goundland. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 39, 1045-1060.
- MALYUTIN R.S.** (1967) - Chromite occurrences in ultramafic massifs of the ophiolite association of Azerbaydzhan. *SSSR Izvestiya, sér.*, 3, 28-40.
- MANDARINO J.A., STURMAN B.D., CORLETT M.I.** (1977) - Peniksite, the magnesium analogue of kulanite, from Yukon territory. *Can. Mineral.*, 15, 393-395.
- MARTIN F.R., LAGACHE M.** (1975) - Cell edges and infrared spectra of synthetic leucites and pollucites in the system $KAlSi_2O_6$ - $RbAlSi_2O_6$ - $CsAlSi_2O_2$. *Can. Mineral.*, 13, 275-282.
- MAUREL C., MAUREL P.** (1982) - Etude experimentale de la distribution de l'Al, entre bain silicaté basique et spinelle chromifère. Implications pétrogénétiques, teneur en Cr des spinelles. *Bull. Minéral.*, 105, 197-202.
- MAUREL C ., MAUREL P.** (1982) - Etude experimentale de la solubilité Cr dans les bains silicatés basiques et de sa distribution entre liquides et minéraux coexistants. Conditions d'existence des spinelles chromifères. *Bull. Minéral.*, 105, 640-647.
- Mc LAREN C-H., DE VILLIERS J-P-R.** (1982) - The platinum-group chemistry and mineralogy of the UG-2 chromitite layer of the Bushveld complex. *Econ. Geol.*, 77, 1348-1366.
- Mc GREGOR L.D., SMITH C.H.** (1962) -The use of chrome spinels in petrographic studies of metamorphic intrusions. *Can. Mineral.* 7, 403-412.
- MEDARIS L-G-J-R.** (1975) Coexisting spinel an silicate in alpine peridotites of the granulite facies. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 39, 947-958.
- MEKSHIQI N.** (1990) - Studim pergjithesues per kromitet e Tropojes. Disertation .Nd. Gjeol. B Curri. Université de Tirana , Albanie (*en albanais*).
- MEKSHIQI N.** (1988) - Detalizime ne menyren e paraqitjes dhe emertimit te kromshpinelideve sipas perberjes kimiko-lendore te tyre. Buletini i Shkencave Gjeologjike 2, Tirana, Albanie (*en albanais*).

- MEKSHIQI N.** (1989) - Varesite ndermjet vetive fizike dhe perberjes kimike te kromshpinelideve te masivit ultrabazik te Tropojes. Buletini i Shkencave Gjeologjike 1, Tirana, Albanie (*en albanats*).
- MEKSHIQI N. HOXHA S., OSMANI H.** (1989) - Mbi veçoritë petro-structurore dhe ligjësitë e vendosjes së mineralizimit të kromit në masivin ultrabazik të Tropojes. Buletini i Shkencave Gjeologjike 4, Tirana, Albanie (*en albanats*).
- MENZIES M., BLANCHARD D., XENOPHONTOS C.** (1980) - Genesis of the Smartville arc-ophiolite, Sierra Nevada Foothills, California. American J. Sciences, 280-A, 329-344. (Jackson volume).
- MERCIER J.-C., VERGELY P., BEBIEN J.** (1975) - Les ophiolites helléniques "obductées" au Jurassique supérieur sont-elles les vestiges d'un océan téthysien ou d'une mer marginale péri-européenne. C.R. soc. géol. Fr., 108-112.
- MEVEL C.** (1975) - Les pillow lavas spilitiques des massifs ophiolitiques du Chenaillet et des Gets (Alpes françaises) Thèse 3^e Univ. Paris VI.
- MIKHEEV, V.L., KALININ A.I., SAL'DAN E.P.** (1961) - X-ray examinations of Noril'sk platinum. Notes of the Leningrad Mining Institute 38, Issue 2,
- MIYASHIRO A.** (1973) - The Troodos ophiolitic complex was probably formed in an island arc; Earth Planet. Sci. Lett., 19, 218-224.
- MIYASHIRO A.** (1974) - Volcanic rocks series in island arcs and active continental margins. Amer. J. Sci., 274, 321-355.
- MONTIGNY R., BOUGAULT H., BOTTINGA Y., ALLEGRE C.J.** (1973) - Trace element geochemistry and genesis of the Pindos ophiolite suite. Geochim. Cosmochim. Acta, 37, 2135-2147.
- MOORES E.M., VINE F.J.** (1971) - Troodos massif, Cyprus and other ophiolites as oceanic crust : evaluation and implications. Roy. soc. London Philos. trans., A-268, 443-466.
- MOSKALEVA S.V.** (1969) - Problem of origin of ultramafics of the dunite-harzburgite association in the Urals: Miner. Obshch. Zapiski, 98, 3, 257-274.
- MOUTTE J.** (1979) - Le massif de Tiebaghi, Nouvelle Calédonie, et ses gîtes de chromite, Thèse, E.N.S.M., Paris.
- MOUTTE J.** (1982) - Chromite deposits of the Tiébaghi ultramafic massif, New Caledonia. Econ. Geol., 77, 576-591.
- MYSEN B.O., KUSHIRO I.** (1977) - Compositional variations of coexisting phases with degree of melting of peridotite in the upper mantle. Amer. Mineral., 62, 843-865.
- NALDRET, HOFMAN, GREEN, CHEN-LI-CHOU, NALDRET, ALCOCK.** (1979) - The composition of Ni-sulfide ores with particular reference to their content of P.G.E. and Au. Can. Mineral., 17, 403-415.
- NEMILOV V.A., RUDNITSKY A.A., POLYAKOVA R.S.** (1949) - Izvest. Sektora Platiny, 24, 26-34.

- NEZIRAJ A.** (1981) - Ndertimi gjeologo-strukturor i zones Rragam-Sopot dhe mundesia e projektimit. Projekt-Diplome. Univ. Tirana, Albanie (*en albanais*).
- NEZIRAJ A., ZENELI H., MULOSMANI I.** (1983) - Projekt gjeologjik mbi punimet e kerkimit dhe kerkim-zbulimit ne zonen Rragam, Lugu i Zi per vitin 1983. Nd. Gjeol. B Curri, Albanie (*en albanais*).
- NEZIRAJ A.** (1989) - Etude minéralogique, pétrologique et structurale du massif ultrabasique de Tropoja (Albanie). Mém. D.E.A. Univ. Orléans, 115 p.
- NEZIRAJ A., KARAJ N., OHNENSTETTER M., OHNENSTETTER D.** (1989) - Quelques données préliminaires sur la métallogénie des massifs ophiolitiques de Tropoja et de Bulqiza, Albanie. In : "Livre vert ", B.R.G.M, 175-177.
- NEZIRAJ A., OHNENSTETTER M., ÇINA A.** (1991) - Les gisements de chromites et les minéralisations platinifères du massif ophiolitique de Tropoja, Albanie. SGF, Coll. sur la géologie d'Albanie, SGF ed., Paris.
- NEZIRAJ A., OHNENSTETTER M.** (1992) - La minéralisation platinifère des cumulats ultrabasiques du massif ophiolitique de Tropoja, Albanie. JSFMC, Orléans.
- NICOLAS A., POIRIER J.P.** (1980) - Crystallin plasticity and solid state flow in metamorphic rocks. Wiley Interscience, London, 440 p.
- NICOLAS A.** (1978) - Stress estimates from structural studies in some mantle peridotites. Ray. soc. London Philos. Trans., A288, 49-57.
- NICOLAS A., BOUDIER F., BOUCHEZ J-L.** (1980) - Interpretation of peridotite structure from ophiolitic and oceanic environments. Amer. J. Sci., 280-A, 192-210.
- NILSSON L.P.** (1987) - Platinum group mineral inclusions in chromite from ophiolitic tectonites in the Caledonides of Norway. In : "Troodos-87, Ophiolites and Oceanic Lithosphere Nicosia, Cyprus". Geol.Surv. Depart. ed., 152.
- NILSSON L.P.** (1989) - Platinum group mineral inclusions in ophiolitic chromite from the Osthhammeren tectonite body, Norway. Geol. soc. Finland Bull., 61(1), 42-42.
- NILSSON L.P.** (1990) - Platinum group mineral inclusions in chromitite from the Osthhammeren ultramafic tectonite body, south central Norway. Mineral. Petrol., 42, 249-263.
- NOCKOLDS J.R., ALLEN R.** (1956) - The geochemistry of some igneous rocks series. Geochim. Cosmochim. Acta, 9, 233-240.
- OHNENSTETTER M.** (1982) - Importance de la nature et du rôle des discontinuités au sein des ophiolites lors du développement d'un orogène. Thèse ès Sci. Nat. Univ. de Nancy-1, 590 p.
- OHNENSTETTER M.** (1984) - Les gisements de chromite du Sud de l'Oman. Classification structurale et pétrographique. Mém. B.R.G.M., n°85. SGN 028-GIS.
- OHNENSTETTER M.** (1985) - Classification pétrographique et structurale des ophiolites écho de la dynamique des zones de transition croûte-manteau. Incidence sur la nature et la disposition des corps de chromite associés. RAS, Paris, 301, II, 20.

- OHNENSTETTER M., SIDER H. (1988)** - Contraintes géochimiques apportées par le magmatisme sur le développement du bassin marginal ensialique du Beaujolais au Dévonien. Bull. soc. géol. Fr., 3, 499-510.
- OHNENSTETTER M., OHNENSTETTER D., VIDAL P. HERMITTE D. MACE J. (1981)** - Crystallization and age of zircon from corsican ophiolitic albitites, consequences for oceanic expansion in Jurassic times. Earth Planet. Sci. Lett., 54, 397-408.
- OHNENSTETTER D., OHNENSTETTER M., ROCCI G. (1976)** - Etude des métamorphismes successifs des cumulats ophiolitiques de Corse. Bull. soc. géol. Fr, 1, 115-134.
- OHNENSTETTER D., OHNENSTETTER M. (1976)** - Modèle de fonctionnement d'une ride médio-océanique à partir de l'étude pétrologique des ophiolites corses. Bull. soc. géol. Fr., 4, 899-894.
- OHNENSTETTER M., ROSSI P. (1985)** - Reconstitution d'une paléochambre magmatique exceptionnelle dans le complexe basique-ultrabasique du Tenda, Corse hercynienne. C.R. Acad. Sci. Paris, 17, 853-858.
- OHNENSTETTER D et M., PAUPY A., ROCCI G. (1979)** - La diversité des ophiolites: importance de la nature du fractionnement et conséquences métallogéniques. Mémoire du B.R.G.M. n° 97.
- OHNENSTETTER M. (1980).** - Sur la signification des sutures ophiolitiques en fonction de leur caractères structuraux. C.R. Acad. Sci. Paris, 293, sér. D, 741-744.
- OHNENSTETTER M. (1985).** - Classification pétrologique et structurale des ophiolites, écho de la dynamique des zones de transition croûte-manteau. Incidence sur la nature et la disposition des corps de chromite associés. C.R. Acad. Sci. Paris, 1413-1418.
- OHNENSTETTER D , OHNENSTETTER M. (1978)** - L'ensemble effusif et hypo-abyssal corse. Sci. de la Terre 22, 3, 201-242.
- OHNENSTETTER M., OHNENSTETTER D., ROCCI G. (1975)** - Tholeiitic cumulates in high pressure metamorphic belt. Petrology, 4, 291-317.
- OHNENSTETTER M. (1983)** - Les processus d'ouverture des bassins ophiolitiques : le rôle des décrochements. Annales Soc. Géol. du Nord. 115-132.
- OHNENSTETTER D ., WATKINSON D.H., DAHL R. (1991)** - Zoned hollingworthite from Two Duck Lake intrusion, Coldwell complex, Ontario. Amer. Mineral. 76, 1694-1700.
- OHNENSTETTER M., OHNENSTETTER D. (1975)** -Le puzzle ophiolitique corse. Un bel exemple de paléo-dorsale océanique. Thèse 3^e cycle, Univ., Nancy-1 351 p.
- OHNENSTETTER M., KARAJ N., NEZIRAJ A., JOHAN Z., ÇINA A. (1991)** -Le potentiel platinifère des ophiolites : minéralisations en éléments du groupe du platine (EGP) dans les massifs de Tropoja et Bulqiza, Albanie. C. R. Acad. Sci. Paris, 313, sér. II, 201-208.

- OHNENSTETTER M.** (1992) - Platinum group element enrichment in the upper mantle peridotites of the Monte Maggiore ophiolitic massif (Corsica, France): mineralogical evidence for ore-fluid metasomatism. *Mineral. Petrol.*, 46, 85-107.
- OHNENSTETTER M. , ÇINA A., JOHAN Z., KARAJ N., NEZIRAJ A.** (1991) - Platinum group minerals in ophiolitic mantle and cumulates of Albania: Preliminary results , EUG VI, Strasbourg.
- PAGE N., CASSARD D., HAFFTY J.** (1982) - Pd, Pt, Rh, and Ir in chromitites from the massif du Sud and Tiébaghi massif, New Caledonia. *Econ. Geol.*, 77, 1571-1577.
- PAGE N., ENGIN T., SINGER D-A., HAFFTY J.** (1984) - Distribution of platinum-group-element in the Batı Kef chromite deposit. Guleman-Elarig Area, Eastern Turkey. *Econ. Geol.*, 79, 177-184.
- PAGE N., PALLISTER J.S., BROWN M.A., SMEWING J.D., HAFFTY J.** (1979) - Platinum-Group Metals in chromite-rich rocks from two traverses through the Samail ophiolite, Oman. *E.O.S.*, 60, 4, 963.
- PAGE N., ROWE J.J., HAFFTY J.** (1976) -Platinum metals in the Stillwater complex, Montana. *Econ. Geol.*, 71, 1352-1363.
- PAGE N., TALKINGTON R.W.** (1984) -Palladium, platinum, rhodium, ruthenium and iridium in peridotites and chromitites from ophiolites in Newfoundland. *Can. Mineral.*, 22, 137-149.
- PALLISTER J-S., KNIGHT R-J.** (1981) - Rare-earth element geochemistry of the Samail ophiolite near Ibra, Oman. *J. Geophys. Res.*, 86, 2673-2697.
- PAMIÇ J.** (1983) - Considerations on the boundary between Iherzolite and harzburgite subprovinces in the Dinarides and northern Hellenides. *Ophioliti*, 8, 153-163.
- PAPA A.** (1970) - Conceptions nouvelles sur la structure des Albanides. *Bull. soc. géol. Fr.*, 7, 12, 1096-1109.
- PAPA A. XHOMO A. ALIAJ SH.** (1991) - Le secteur transversal Shkodër-Pejë et son rôle dans l'évolution géologique des Albanides. In : "L'Albanie dans la chaîne Alpine. Evolution géodynamique, magmatique et paléogéographique", Séance spécialisée de la S.G.F., Coll. sur la géologie d'Albanie.
- PARTHE E., HOHNKE D., HULLIGER F.** (1967) - A new structure type with octahedron pairs for Rh_2S_3 , Rh_2Se_3 and Ir_2S_2 . *Acta Cryst* , 23, 32-840.
- PASCHOAL J.O.A., KLEYKAMP H., THUMMLER F.** (1984) - The constitution of the Ru-Rh system. *J. Less. Common metals*, 98, 279-284.
- PAVLOV N.V., GRIGORIYEVA I.I., TSEPIN A.I.** (1977) - Chromite nodules as an indicator of liquation of a magmatic melt : *Internat. Geol. Rev.*, 19, 1, 43-56.
- PAVLOV N.V., KRAVCHENKO G.G., CHUPRYNINA I.I.** (1968) - Chromites of the Kempirsay pluton. *Izdvo Nauka, Moscow*.

- PEARCE J.A.**, (1975) - Basalt geochemistry used to investigate past tectonic environments on Cyprus. *Tectonophysics*, 25, 41-67.
- PEARCE J.A., CANN J.R.** (1971) - Ophiolite origin investigated by discriminant analysis using Ti, Zr, Y. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 12, 339-350.
- PEARCE J.A., CANN J.R.** (1973) - Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analysis. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 19, 290-300.
- PETER L., ROEDER I-H., CAMPBELL, HEATHER E-J.** (1979) - A Re-evaluation of the olivine-spinel geothermometer *Contrib. Mineral. Petrol.*, 68, 325-334.
- PETER R., WELLS A.** (1977) - Pyroxene thermometry in simple and complex systems *Contrib. Mineral. Petrol.*, 62, 129-139.
- POLDERVAART A., HESS H.H.** (1951) - Pyroxenes in the crystallization of basaltic magmas. *J. Geol.*, 59, 472-489.
- POUCHOU J.L., PICHOR F.** (1984) - Un nouveau modèle de calcul pour la microanalyse quantitative par spectrométrie de rayons X - Partie I- Application à l'analyse des échantillons homogènes. *Rech. Aérop.*, 3, 167-192.
- PRICHARD H-M.** (1979) - A petrogenetic study of the process of serpentinisation in ophiolites and the ocean crust. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 68, 231-241.
- PRICHARD H-M., NEARY C.R., POTTS P.J.** (1986) - Platinum group minerals in the Shetland Ophiolite. In : "Metallogeny of Basic and Ultrabasic Rocks" M.J. Gallagher, R.A.Ixer, C.R. Neary & H.M. Prichard, eds. *Inst. Mining Metall.*, London, 395-414.
- PRICHARD H-M., POTSS P. J., NEARY C.R.** 1988) - Platinum-group-minerals in ophiolites complexes : an example from Shetland. *Can. Mineral.*, 23, 311-320.
- PRINZHOFER A.** (1981) - Structure et pétrologie d'un cortège ophiolitique ; le massif du Sud (Nouvelle Calédonie), la transition manteau-croûte en milieu océanique. Thèse, E.N.S.M., Paris.
- RAHGOSHAY M., JUTEAU T.** (1980) - Chromites from the ophiolitic massif of Pozanti - Karsanti, cilician taurus, Turkey : New observations about their structural setting and geochemistry : Unesco, An Interant, symp. on metallogeny of mafic and ultramafic complexes, 1, Athens, 114-126.
- RAMDOHR P.** (1969) - Then ore minerals and thier intergrowth. Pergamon Press. Londres-New York.
- RAUB E.** (1959) - Metals and alloys of the platinum group. *J. Less. common metals*, 1, 3-18.
- RAZIN L.V.** (1968) - Problem of the origin of platinum metalization of forsterite dunites. *Internat. Geol. Rev.*, 13, 5, 776-788.
- RAZIN L.V., KOHMENKO G.A.** (1969) - Accumulation of osmium, rothenium and the other platinum-group metals in chromite spinel in platinum bearing dunites. *Geochim. Internat.*, 6, 546-557.

- RAZIN L.V., BEGIZOV V.D., MESHCHANKINA V.I.** (1973) - Data on mineralogy of platinum metals in the Talnakh deposit. *Internat. Geol. Rev.*, 17, 6-56.
- RICOU L.E., DERCOURT J., GETSSANT J., GRANDJACQUET C., LEPVRIER C., BIJU-DUVAL B.** (1986) - Geological constraints on the Alpine evolution of the Mediterranean Tethys. *Tectonophysics*, 123, 83-122.
- ROBERTS S., RASSIOS A., WRIGHT L., VOLONDIOS G** (1988) - Structural controls on the location and of the Vourinos chromite deposits. *Mineral deposits within the European Community (Spec. publ.)*, 6, 249-266.
- ROCCI G., OHNENSTETTER M., OHNENSTETTER D.** (1975) Le log ophiolitique Corse. *Bull. soc. géol. Fr.*, 5, 1229-1230.
- ROCCI G., OHNENSTETTER D., O OHNENSTETTER M.** (1975) - La dualité des ophiolites téthysiennes. *Petrology*, 1, 172-174.
- ROEDER P.L., ESMLIE R.F.** (1970) - Olivine-liquid equilibrium. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 29, 275-289.
- ROSSELLO G.** (1962) - Note préliminaire sur la géologie des gîtes de chromite et leur prospection : *Mém. B.R.G.M.*, n° 62 A. 26.
- ROSSELLO G.** (1964) - Guides pétrographiques et structuraux applicables à la recherche des gisements de chromite de type "alpin". *Chron. Rech. Min. BRGM.*, 333, 219-224.
- ROSSMAN D.L., FERNANDEZ N.S., FONTANOS C.A., ZEPEDA Z.C.** (1959) - Chromite deposits on Insular Chromite Reservation Number One, Zambales, Philippines; Philippines Bur. Mines, spec. Project. Pub., 19, 12 p.
- ROUTHIER P.** (1951) - Sur les péridotites de la Nouvelle-Calédonie . *C.R. Acad. Sci. Paris*, 233, 1204-1207.
- ROWELL W.F., EDGAR A.D.** (1986) - Platinum Group Element mineralization in a hydrothermal Cu-Ni sulfide occurrence, Rathbun Lake, northeastern Ontario. *Econ. Geol.*, 81, 1272-1277.
- RUCKLIDGE J.C., GASPARRINI E.** (1969) - Electron microprobe analytical data reduction. EMPADR VII. Depart. Geol. Univ. Toronto.
- RUDASHEVSKY N.S., MENSNIKOV J.P., MOCHALOV A.G., TRUBKIN N.V., SHUMSKAYA N.I., ZHDANOV V.V.** (1985) - Cuprorhodsite CuRh_2S_4 and cuproiridsite CuIr_2S_4 - New natural thiospinels of platinum group elements. *Zap. Vses. Mineral. Obshchest.* 119, 187-195 (*en Russe*).
- RYNEARSON G.A., WELLS F.G.** (1944) - Geology of the Grey Eagle and some nearby chromite deposits in Glenn County, California. *U.S. Geol. Survey Bull.*, 945-A, 1-22.
- SAMPSON E.** (1942) - Chromite deposits, in *Ore Deposits as related to structural features* . Princeton, N. J., Princeton University Press, 110-125.

- SAVEL'YEV A.A.** (1974) - Geology and chromite occurrences of the ultrabasic rocks of the Voykay-Syn'ya massif (Polar Urals): Author's abstract of Cand. Diss., Sverdlovsk.
- SCHADE J., OHNENSTETTER D., GIRAULT J.** (1986) - Première découverte de roscoélite en France dans le Permien uranifère des Alpes. Intérêt métallogénique de ce mica uranifère. C.R. Acad. Sci. Paris, 7, 427-430.
- SCHIFFRIES C-M.** (1982) - The petrogenesis of platiniferous dunite pipe in the Bushveld complex; Infiltration metasomatism by a chloride solution. Econ. Geol., 77, 1439-1453.
- SCHUBERT K., et al.** (1957) - Naturwissenschaften, 44, 229-230.
- SCHWELLNUS J.S.I., HIEMSTRA S.A., GASPARRINI E.** (1976) - The Merensky Reef at the Atok Platinum mine and its environs. Econ. Geol., 71, 249-260.
- SEGUIN M.K.** (1975) - Thermogravimetric and differential thermal analysis of malachite and azurite in inert atmospheres and in air. Can. Mineral. 13, 127-132.
- SHALLO M., VRANAI A., KOTE DH., PREMTI I.** (1985) - Magmatisme ophiolitique des Albanides. Tirana, Albanie (*en albanais, inédit*).
- SHALLO M., VRANAI A., KOTE DH., PREMTI I.** (1987) - Geochemistry of volcanics from ophiolitic belts of Albanides. Ofioliti, 12(1), 125-126.
- SHALLO M.** (1990) - Ophiolitic melange and flyschoidal sediments of the Tithonian-Lower Cretaceous in Albania. Terra Nova, 2, 476-483.
- SHEHU B., SELIMI R., MESHI A.** (1989) - Geological-structural features of the Kukësi ultrabasic massif and its perspective (*en albanais, résumé en anglais*), Bull. Shkenc. Gjeol., 4, 105-113.
- SHERVAIS J.W.** (1982) - Ti-V plots and the petrogenesis of modern and ophiolitic lavas Earth Planet Sci. Lett., 59, 101-118.
- SIDER H., OHNENSTETTER M.** (1986) - Field and petrological evidence for the development of an ensialic marginal basin related to the hercynian orogeny in the Massif Central, France. Sonderdruck geologische Rundschau B.75, 421-443.
- SINTON J-M** (1977) - Equilibration history of the basal alpine-type peridotite, Red Mountain, New Zealand. J. Petrol, 18, 216-246.
- SINTON J-M.** (1980) Petrology and evolution of the red Mountain ophiolites complex New Zealand. Amer. J. Sci., 280-A, 296-328.
- SKINNER B.J., LUCE F.D., DILL J.A., ELLIS D.E., HAGAN H.A., LEWIS D.M., ODELL D.A., SVERJENSKY D.A., WILLIAMS N.** (1976) - Phase relations in ternary portions of the system Pt-Pd-Fe-As-S. Econ. Geol., 71, 1469-1475.
- SLANSKY E., JOHAN Z., OHNENSTETTER M., BARRON L.M., SUPPEL D.** (1991) - Platinum mineralization in the Alaskan-type intrusive complexes near Fifield, N.S.W., Australia. Part 2- Platinum-Group Minerals in placer deposits at Fifield. Mineral. Petrol., 43, 161-180.

- SMEWING J.D., POTTS P.J.** (1976) - Rare-earth abundances in basalts and metabasalts from the Troodos massif, Cyprus. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 57, 245-258.
- SMIRNOV V.I.** (1977) - Deposits of chromium, *In* : "Ore deposits of the USSR" Smirnov ed Pitman Publ., 1, 179-235.
- SMITH A.G., SPRAY J.G.** (1984) - A half-ridge transform model for the Hellenic-Dinaric ophiolites. *Geol. soc. Spec. publ.*, 17, 629-644.
- SNETZINGER K.G.** (1973) - Chromian aluminian magnetite and two rhodium alloys in a platinum nugget from Goodnews Bay, Alaska. *Amer. Mineral.*, 58, 189-194.
- SNETZINGER K.G.** (1971) - Erlichmanite (OsS_2) a new mineral. *Amer. Mineral.*, 56, 1501-1506.
- SNETZINGER K.G.** (1974) - A further occurrence of rutheniridosmine. *Can. Mineral.*, 12, 426.
- SOKOLOV G.A.** (1948) - Chromites of the Urals, their composition, conditions of crystallization, and distribution patterns: *SSSR Inst. Geol. Nauk. Trudy*, 97, 12.
- SPADEA P., ESPINOSA A., ORREGO A.** (1989) - High-Mg extrusive rocks from the same zone ophiolites in the Southwestern Colombian Andes. *Chem. Geol.*, 77, 303-321.
- STEWART J.M., KRUGER G.J., AMMON H.L., DICKINSON C., HALL S.R.** (1972) - The X-ray system of crystallographic programs. Univ. Maryland, Computer Sci. Dep. TR-192.
- STOCMAN H.W., HLAVA P.F.** (1984) - Platinum-group minerals in alpine chromitites from southwestern Oregon. *Econ. Geol.*, 79, 491-508.
- STOREY M.** (1981) - Trachytic pyroclastics from Agua de Pau Volcano, Sao Miguel, Azores; Evolution of a magma body over 4000 years. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 78, 423-32.
- STRECKEISEN A.** (1973) - Plutonic rocks-classification and nomenclature recommended by the IUGS subcommission on the systematics of igneous rocks. *Geotecnica*, 18, 26-30.
- STRECKEISEN A.** (1976) - To each plutonic rock its proper name. *Earth Sci. Rev.*, 12, 1-33.
- STUMPFL E.F., CLARK A.M.** (1965) - Hollingworthite, a new rhodium mineral, identified by electron probe micro-analysis. *Amer. Mineral.*, 50, 1068-1074.
- STUMPFL E.F., TARKIAN M.** (1973) - Natural osmium-iridium alloys and iron bearing platinum : new electron probe and optical data. *N. J. Mineral., Mh.* 7-8, 313-322.
- STUMPFL E.F., TARKIAN M.** (1976) - Platinum genesis : new mineralogical evidence. *Econ. Geol.*, 71, 1451-1460.
- SUBCOMITE ON PYROXENE** (1989) - Nomenclature of pyroxene. *Canadian. Mineral.*, 27, 143-156.

- SZYMANSKI J.T.** (1979) - The crystal structure of platarsite, $Pt(As,S)_2$, and a comparison with sperrylite, $PtAs_2$. Can. Mineral. 17, 117-123.
- TALKINGTON R.W., WATKINSON D.H.** (1984) - Trends in the distribution of precious metals in the lac-des Iles complex, Northwestern Ontario. Can. Mineral. 22, 125-136.
- TARKIAN M., PRICHARD H.M.** (1987) - Irarsite-hollingworthite solid-solution series and their associated Ru, Os, Ir, and Rh-bearing PGM's from the Shetland ophiolite complex. Mineral. Deposita, 22, 178-184.
- TAYLOR R.** (1934) - J. Inst. Metals, 54, 255-272.
- TERSHANA A.** (1982) - Disa veçori petrografike e metalogjenike të shkëmbinjve ultrabazikë të rajonit Qerret-Kçirë. Bull. Shkenc. Gjeol. 1, 113-128.
- THAYER T.P.** (1940) - Chromite deposits of Grant County, Oregon. U. S. Geol. Survey Bull., 922-D, 75-113.
- THAYER T.P.** (1960) - Some critical differences between alpine-type and stratiform peridotite-gabbro complexes. Internat. Geol. Congr. Rept. 21 Ses., Norden ; 247-259.
- THAYER T. P.** (1961) - Application of geology in chromite exploration and mining, in Symposium on Chrome Ore held in Ankara, Turkey, 1960. Central Treaty Organisation, Ankara, 197-223.
- THAYER T.P.** (1962) - Application of structural petrology in exploration for podiform chromite deposits : Report of the 5th Meet. Geol. F. P. R. of Yougoslavia, Beograd, 295-303.
- THAYER T. P.** (1964) - Geologic features of podiform chromite deposits, in Methods of prospecting for chromite. "R. Woodtli and D. Ostle" ed, Organ. Econ. Coop. Devel., Paris, 135-146.
- THAYER T.P.** (1964) - Principal features and origin of podiform chromite deposits, and some observations on the Guleman-district, Turkey. Econ. Geol., 59, 1497-1524.
- THAYER T.P.** (1969) - Gravity differentiation and magmatic replacement of podiform chromite deposits, In : "Magmatic ore deposits" Wilson, H. D. B. ed., Econ. Geol., 132-146.
- THAYER T.P.** (1970) - Chromite segregation as petrogenetic indicators. Geol. soc. South Africa spec. publ., 1, 380-390.
- THAYER T.P.** (1978) - The Canyon Mountain complex, Oregon, and some problems of ophiolites : In : "North American Ophiolites". R. G. Coleman and W. P. Irvin, eds., State Oregon Dpt. Geol. Min. Ind. Bull., 95, 93-103.
- THAYER T.P.** (1980) - Syncrystallisation and subsolidus deformation in ophiolites peridotites and gabbros. Amer. J. Sci., 280-A 269-283.
- TOMA S.A., MURPHY S.** (1977) - The composition and properties of some native platinum concentrate from different localities. Can. Mineral., 15, 59-69.

- TOMA S.A., MURPHY S.** (1978) - Exsolution of gold from detrital platinum-group metal grains in the Witwatersrand auriferous conglomerates. *Can. Mineral.*, 16, 641-650.
- TONI C.** (1965) - Contribution à l'étude pétrographique et géochimique des chromites de la Nouvelle Calédonie. Thèse de 3^e Cycle, Montpellier, 242 p.
- TREUIL M.** (1973) - Critères pétrologiques, géochimique et structuraux de la genèse et de la différenciation des magmas basaltiques: exemple de l'Afar. Thèse ès sci. Univ. Orléans.
- TREUIL M., JORON S.L.** (1973) - Utilisation des éléments hygromagmatophiles pour la signification de la modélisation quantitative des processus magmatiques. Exemples de l'Afar et de la dorsale médio-atlantique. *Soc Ital. Mineral. Petrol.*, 31, 125-174.
- ULLOA A.** (1748) - Relacion historia del viage a la America meridional, V.1. Madrid, Antonio Marin Chap. 10, 106.
- VERGELY P.** (1977) - Discussion of the paleogeographic significance of the rocks beneath the Vourinos ophiolite, northern Greece. *J. Geol. soc.*, 133, 505-507.
- VERGELY P., KODRA A., GODROLI M.** (1991) - L'obduction des ophiolites albanaises: inversion tectonique d'un dispositif lithosphérique asymétrique. Colloque sur la géologie d'Albanie, (en dépôt à la soc. géol. Fr, Paris).
- VERMAK C.F., HENDRIKS L.P.** (1976) - A review of the mineralogy of the Mernsky Reef, with specific reference to new data on the precious metal mineralogy. *Econ. Geol.*, 71, 1244-1269.
- VIOLETTE J.F.** (1980) - Structure des ophiolites des Philippines (Zambales et Palawan) et de Chypre - Ecoulement asthénosphérique sous les zones d'expansion océanique. Thèse 3^e cycle, Nantes, 152 p.
- VORONOVA L.I., POLYAKOVA V.P., SAVITSKII E.M.** (1984) - Alloys of the system Pt-Os. *Izvestiya Akademij Nauk SSSR. Metally*, 5, 191-193.
- VRANAI A.** (1983) - Petrologia dhe mineralmbajtja e shkembijnjeve magmatike te rajonit te Tropojes. Thèse 3^e, Tirana, Albanie, 235 p.
- WAGER L.R., BROWN G.M., WADSWORTH W.J.** (1960) - Types of igneous cumulates. *J. Petrol.*, 1, 73-85.
- WAGNER P.A.** (1923) - The chromite of the Bushveld igneous complex. *South Afr. J. Sci.*, 20, 223-235.
- WAGNER P.A.** (1929) - The platinum deposits and mines of South Africa. Oliver & Boyd. eds., London, 125 p.
- WALIA D.S., CHANG L.L.Y.** (1973) - Investigations in the systems PbS-Sb₂S₃-As₂S₃ and PbS-Bi₂S₃-As₂S₃. *Can. Mineral.*, 2, 113-119.
- WATKINSON D.H., OHNENSTETTER D.** (1992) - Hydrothermal origin of platinum-group mineralization in the Two Duck Lake intrusion, Coldwell complex, Northwestern Ontario. *Can. Mineral.*, 30, 121-136.

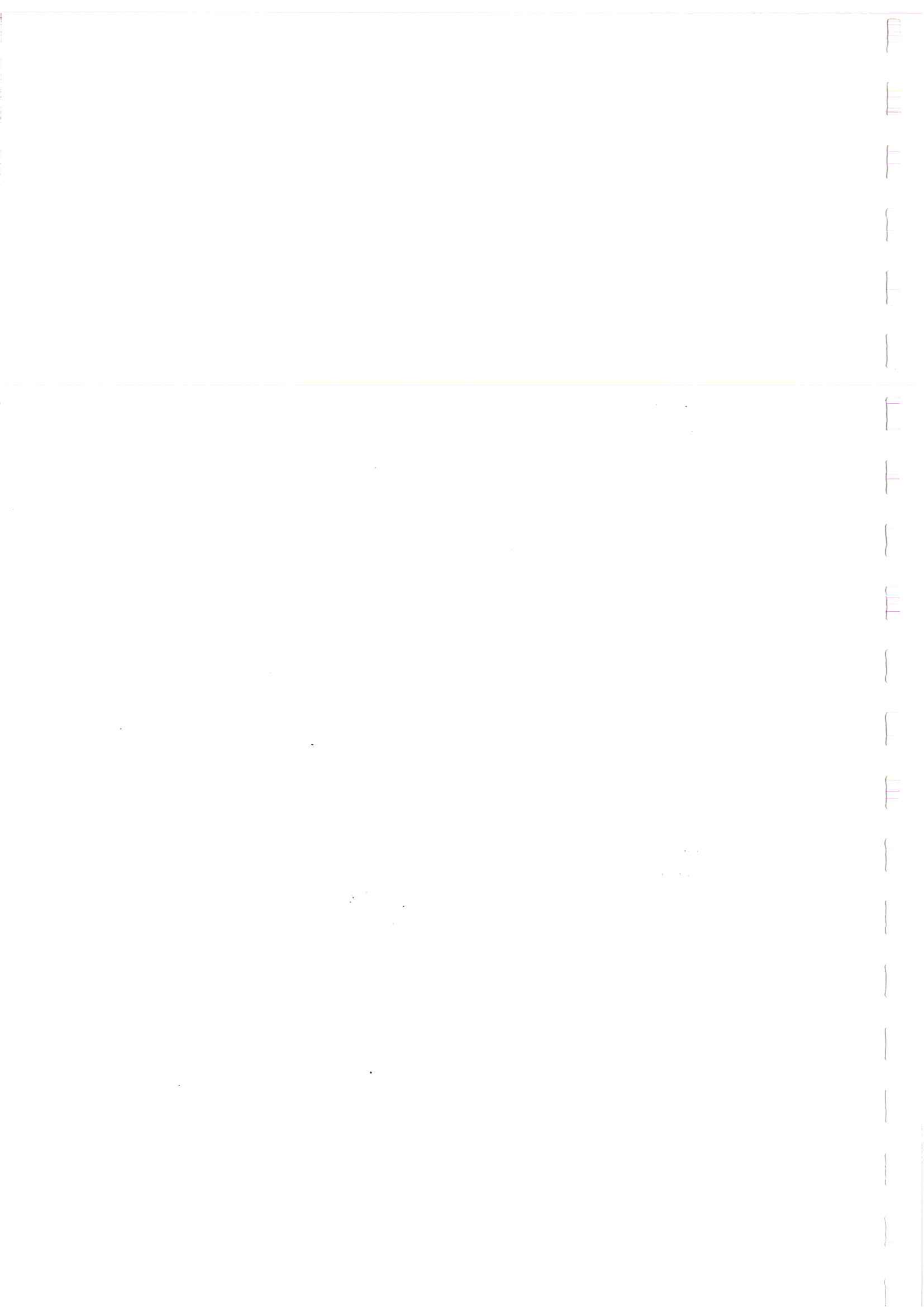
- WATKINSON D.H., DUNNING G.** (1979) - Geology and platinum-group mineralization, Lac-des-Iles complex, Northwestern Ontario. *Can. Mineral.*, 17, 453-462.
- WELLS F.G., PAGE L.R., JAMES H.L.** (1940) - Chromite deposits of the Pilliken area, Eldorado County, California. *U. S. Geol. Survey Bull.*, 922-O, 417-460.
- WELLS F.G., SMITH C.T., RYNEARSON G.A., LIVERMORE J.S.** (1949) - Chromite deposits near Selad and Mc Guffy Creeks, Siskiyou County, California. *U. S. Geol. Survey Bull.*, 948-B, 19-62.
- WINCHESTER J.A., FLOYD P.A.** (1976) - Geochemical magma type discrimination : application to altered and metamorphosed basic igneous rocks. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 28, 459-469.
- WOLF R., AGOIRGITIS G.** (1978) - On an unusual platinum element enrichment in chromite from Skyros Island, Greece. *N. J. Miner. Mh.*, 1, 39-41.
- WOOD B.J., BANNO S.** (1973) - Garnet-orthopyroxene-clonopyroxene relationship in simple and complex systems. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 42, 109-124.
- WOPERSNOW W., SCHUBERT K.** (1977) - Kristallstruktur von $Pd_{20}Sb_7$ and $Pd_{20}Te_7$ J. *Less. Common Metals*, 51, 35-44.
- YAKOVLEV Y.N., DISTLER V.V., MITRIFANOV S.A., RAZHEV T.L., GROKHOVSKAYA T.L., VESELOVSKY N.N.** (1991) - Mineralogy of P.G.M. in the mafic-ultramafic massifs of Kola region. *Mineral. Petrol.*, 43, 181-192.
- YEVSTIGNEVA T.L., NEKRASOV I.Y., LAPUTINA I.P.** (1989) - Phase ratios in the system Pt-Fe-S-O. *Dok. Akad. Nauk. SSSR*, 308, 440-444.
- YO T., CHOU H.** (1979) - Anduoite, a new ruthenium arsenide. *Kexue Tongbao*. 15, 704-708, (*en chinois, résumé en anglais*).
- ZHDANOV V.V., RUDACHEVSKY N.S.** (1980) - Novii tip zolloto-pllatinovo mineralizacii metasomatitah po bazitam. *Dokl. Akad. Nauk. CCCP. Mineral.*, 252, 6, 1452-1456.
- ZHUKRI E., SOKOLI M.** (1987) - Ndertimi gjeolgo-strukturor, veçorite mineralogjike dhe perspektiva krombartese e sektorit Vlahen. (Masivi ultrabazik i Tropojës). *Permb. Stud. n°3*, Tirana, Albanie.
- ZYKO I., DOBI A., HOXHA S., GJOKUTAJ D., KOTANI V.** (1977) - Raport mbi punimet tematiko-pergjithesuese te pjeses qendrore dhe veriperendimore te masivit ultrabazik te Tropojës. *Nd. Gjeol. B. Curri, Albanie (en albanais)*.

ANNEXE



LISTE DE TABLEAUX

- Tableau I-1** - Différentes observations et analyses effectuées sur les échantillons. disponibles pour étude au cours de ce travail sur le massif de Tropoja.
- Tableau I-2** - Spinelles des chromitites mantelliques.
- Tableau I-3** - Spinelles des chromitites cumulatives
- Tableau I-4** - Spinelles accessoires des dunites mantelliques.
- Tableau I-5** - Spinelles accessoires des dunites d'éponte dans le manteau.
- Tableau I-6** - Spinelles accessoires des harzburgites mantelliques.
- Tableau I-7** - Spinelles accessoires des dunites et (*) des harzburgites cumulatives.
- Tableau I-8** - Spinelles accessoires des werhlites et lherzolites (*) cumulatives.
- Tableau I-9** - Spinelles accessoires des pyroxénites et (*) des anorthosites filoniennes dans le manteau.
- Tableau I-10** - Olinines interstitielles des chromitites mantelliques.
- Tableau I-11** - Olivines incluses dans les chromitites mantelliques.
- Tableau I-12** - Olivines des dunites mantelliques.
- Tableau I-13** - Olivines des dunites d'éponte dans le manteau.
- Tableau I-14** - Olivines des dunites d'éponte dans le manteau. (*) en inclusion dans les spinelles accessoires.
- Tableau I-15** - Olivines des harzburgites mantelliques.
- Tableau I-16** - Olivines des werhlites et harzburgites (*) cumulatives.
- Tableau I-17** - Différentes olivines dans le massif de Tropoja.
- Tableau I-18** - Orthopyroxènes des harzburgites mantelliques.
- Tableau I-19** - Orthopyroxènes des pyroxénites; cumulatives, filoniennes dans le manteau (°), en inclusion dans les spinelles accessoires (*).
- Tableau I-20** - Orthopyroxène des gabbros, des werhlites (°) et lherzolites (*).
- Tableau I-21** - Différents orthopyroxènes du massif de Tropoja.
- Tableau I-22** - Clinopyroxènes: en inclusion ou interstitiels (°) dans les chromitites mantelliques; en inclusion (°) ou interstitiels (*) dans les chromitites cumulatives.
- Tableau I-23** - Clinopyroxènes inclus dans les spinelles accessoires des dunites mantelliques et cumulatives (*).
- Tableau I-24** - Différents clinopyroxènes du massif de Tropoja.
- Tableau I-25** - Clinopyroxènes des harzburgites mantelliques.
- Tableau I-26** - Clinopyroxènes des harzburgites mantelliques et (°) cumulatives.
- Tableau I-27** - Clinopyroxènes des werhlites et (*) des lherzolites cumulatives.
- Tableau I-28** - Clinopyroxènes des pyroxénites.



- Tableau I-29** - Clinopyroxènes de différents gabbros et (*) des anorthosites filoniennes du massif de Tropoja.
- Tableau I-30** - Amphiboles interstitielles dans différentes roches mantelliques.
- Tableau I-31** - Amphiboles des gabbros pegmatitiques.
- Tableau I-32** - Amphiboles de différents gabbros.
- Tableau I-33** - Amphiboles des différentes roches.
- Tableau I-34** - Amphiboles en inclusion dans les spinelles accessoires des différentes roches.
- Tableau I-35** - Plagioclases des différentes roches du massif de Tropoja.
- Tableau I-36** - Plagioclases des gabbros et des anorthosites.
- Tableau I-37** - Chlorites de différentes roches dans le massif de Tropoja.
- Tableau I-38** - Phlogopites des harzburgites, des anorthosites (*) et en inclusion (°) dans les chromitites cumulatives.
- Tableau I-39** - Ilménites, rutiles, grenates et zéolites dans le massif de Tropoja.
- Tableau I-40** - Analyses chimiques des roches totales.
- Tableau I-41** - Analyses chimiques des chromitites et des dunités d'épentes (*) sur roches totales.
- Tableau II-1** - Généralités sur les plages des minéraux du groupe du platine observés.
- Tableau II-2** - Isoferroplatine des chromitites cumulatives.
- Tableau II-3** - FePt₂ des chromitites cumulatives.
- Tableau II-4** - Tetraferroplatine des chromitites cumulatives.
- Tableau II-5** - RhFe des chromitites cumulatives.
- Tableau II-6** - Différents alliages de Pt, Pd, Fe, Cu et Ni dans les chromitites cumulatives.
- Tableau II-7** - Tulameenite des chromitites cumulatives.
- Tableau II-8** - Pt et Cu des chromitites cumulatives. D'autres alliages.
- Tableau II-9** - Laurites des chromitites cumulatives.
- Tableau II-10** - Laurites des chromitites mantelliques.
- Tableau II-11** - Osmium et Iridium du manteau et des cumulats. Alliages de Ni-Ru dans le manteau.
- Tableau II-12** - Sulfures de différents éléments de groupe de platine.
- Tableau II-13** - Arséniures, sulfoarséniures et tellurures des éléments du groupe du platine des chromitites cumulatives.
- Tableau II-14** - Sulfures de métaux de base.
- Tableau II-15** - Résultats des analyses chimiques effectuées sur différents éléments dans le cadre d'étude des éléments du groupe du platine.
- Tableau II-16** - Chromites cumulatives autour des MGP.
- Tableau II-17** - Chromites mantelliques autour des MGP.
- Tableau II-18** - Pyroxènes autour des MGP.
- Tableau II-19** - Amphiboles et chlorites autour des MGP.



TABLEAU 1-1 (SUITE) DIFFERENTES OBSERVATIONS ET ANALYSES EFFECTUEES SUR LES ECHANTILLONS DISPONIBLES POUR ETUDE AU COURS DE CE TRAVAIL SUR LE MASSIF DE TROPOJA																										
N°	N° d'échant.	Con	Roche	S/F	Localisation	Unité	Gls	Texture	Fraich	S. polie	L. mince	Sp	Ol	Opz	Cpx	Feld	Amp	Chl	Mica	Maj+tr	Maj+tr+IR	Pt+Pd	Tr+Au+Ag+Ir	PGM	Sond	Isot.
190	97	A	S	Px-Cr-Pl	S	Bregu i Bibës	C		Disseminée	A	X											X	X			
191	98	A	S	Gabbro	S	Bregu i Bibës	C			A	X											X	X			
192	99	A	S	Gabbro à mt	S	Bregu i Bibës	C			A	X											X				
193	100	A	K	Hx à mica	S	M. Komes	M		S		X				4		8	2	3				X			
194	101	A	K	Métabasalte	S	M. Komes	E		A		X											X		3 Grenats		
195	102	A	K	Hx à mica	S	M. Komes	M		S		X	3			4			8				X				
196	103	A	G	Chromite	S	Skat.-Gëzhime	C		Rubancée	Int.S	X	6										X				
197	104	A	G	Chromite	S	Skat.-Gëzhime	C		Rubancée	Int.S	X	5			3							X				
198	105	A	G	Gabbro flo	S	Skat.-Gëzhime	C		F		X			1	3							X				
199	106	A	G	D.à Cr.g.g	S	Skat.-Gëzhime	C		Disseminée	S	X	5			5							X				
200	107	A	G	D.à Cr.g.f	S	Skat.-Gëzhime	C		Disseminée	±F	X	5	2		5							X				
201	108	A	M'	Hx. à Pl	S	Helshan	C		S		X											X				
202	109	A	M'	Hx. à Pl	S	Helshan	C		S		X	5	1	3	11							X				
203	110	A	M'	Hx. Pl-Cr	S	Helshan	C		Disseminée	F	X	2	6	2	2							X				
204	111	A	M'	Pyroxénite	S	Helshan	C		F		X				9							X	X			
205	112	A	M'	Px. bréchiq.	S	Helshan	C		A		X				8							X				
206	113	A	M'	Werhlite	S	Helshan	C		S		X				11							X				
207	114	A	M'	Métag. flo	S	P. i Bokës	C		F		X				4		7					X				
208	115	A	M'	Werhlite	S	P. i Bokës	C		F		X	3	4		5							X				
209	116	A	M'	Microgabbro	S	P. i Bokës	C		A		X				4	4						X				
210	117	A	M'	G.d. méllan.	S	P. i Bokës	C		A		X											X				
211	118	A	M'	Gabbro leuc	S	P. i Bokës	C		A		X					6	4					X				
212	119	A	M'	Dolerite	S	P. i Bokës	E		A		X				3	5						X				
213	120	A	G	Chromite	S	Dunishë	ZT	D	Disseminée	F	X	5	2					2				X				
214	121	A	G	Dunite d'ép	S	Dunishë	ZT		F		X	6	5					2				X				
215	122	A	G	Harzburgite	S	Dunishë	ZT		F		X	4	6	5				3				X				
216	123	A	G	Dunite	G	Tpla	ZT		F		X	5	7									X				
217	124	A	G	D-Px	G	Tpla	ZT		F		X	6	4	3												
218	125	A	G	Chromite	G	Tpla	ZT		Nodulaire	F	X	6	8					1				X				
219	126	A	G	Chromite	G	Tpla	ZT		Disseminée	F	X	6	8													
220	127	A	G	Chromite	G	Sh.Kamatës	ZT		Nod.Rub.	F	X	4	7									X				
221	128	A	G	Chromite	G	Vlad	C		Dis.Massiv	S	X	6		2				5				X				
222	129	A	G	Chromite	G	Vlad	C		Dis.Massiv	±F	X	4	4		3							X				
223	130	A	G	Chromite	G	Maç	ZT		Orbicular.	TS	X	5										X				
224	131	A	G	Chromite	G	Sh.Suktës	C		Disseminée		X											X				
225	132	A	G	Chromite	G	Zgjeç	1	ZT	Dis.Rub.	S	X	3														
226	133	A	G	Chromite	G	Kepenck	5	ZT	Disseminée	±F	X	4	5									X				
227	134	A	G	Chromite	G	Kepenck	7	ZT	Massive		X	7	7									X				
228	135	A	G	Chromite	G	Kam	5	ZT	Disseminée	S	X	4			3			3				X				
229	136	A	G	Chromite	G	q.Perollit		C	Disseminée	S	X	5		2								X				
230	137	A	G	Chromite	G	M.Begajve		ZT	Massive	F	X	5	6									X				
231	138	A	G	Chromite	G	Mejdan	1	ZT	Anti-nodul	F	X	5	9					1				X				
232	213		G	Chromite	G	Maç		ZT	Orbicular.	Int. S	X	8										X				
233	217		G	An. à mica	S	Berlahë		ZT	Flon	F	X	3			5	5	5	4			X					
234	90 a		G	Chromite	S	Vrith		C	Massive	Int. S	X	4					4					X				
235	90 b		G	Chromite	S	Vrith		C	Nodulaire	Int. S	X	2										X				
236	90 c		G	Chromite	S	Vrith		C	Massive	Int. S	X	3					3					X				

TABLEAU I-2

Spinelles des chromitites mantelliques

N°d'anal	141A8	141A9	141A10	141A11	141A12	142A22	142A24	142A25	142A27	142A28	143A36	143A37	143A38	140A68	145A69	21/7S921/7S10	145A74	145A75	146A76	146A77	146A78	
SiO2	0.08	0.08	0.08	0.23	0.22	0.09	0.10	0.06	0.07	0.04	0.11	0.10	0.11	0.12	0.09	0.05	0.06	0.04	0.09	0.29	0.42	0.29
TiO2	0.07	0.04	0.08	0.15	0.12	0.13	0.09	0.12	0.06	0.13	0.15	0.23	0.09	0.10	0.04	0.08	0.17	0.05	0.06	0.00	0.06	0.07
Cr2O3	57.67	58.34	57.22	59.56	58.48	54.45	54.00	54.74	54.98	56.98	60.68	60.29	60.54	62.26	43.06	60.06	60.00	43.11	43.27	45.98	46.08	46.40
Al2O3	15.58	15.30	15.53	13.93	15.63	16.94	17.96	17.00	15.40	14.44	11.84	11.30	10.96	10.58	30.25	10.92	10.88	29.62	29.93	25.62	25.69	25.57
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.47	0.00	1.04	0.04	0.00	2.46	2.55	0.33	0.00	3.53	3.17	0.00	0.00	0.00	0.26	
FeO	12.00	12.10	12.06	12.43	11.86	15.14	14.70	15.13	15.26	15.98	12.99	10.13	10.19	12.27	12.12	12.83	13.06	12.36	12.18	12.71	12.89	12.59
MnO	0.14	0.12	0.02	0.06	0.17	0.23	0.24	0.30	0.18	0.22	0.16	0.09	0.10	0.27	0.07	0.26	0.24	0.08	0.06	0.13	0.17	0.14
MgO	14.33	14.57	14.51	13.79	14.57	12.67	13.25	12.69	12.33	11.87	12.67	15.58	15.34	13.84	15.74	13.88	13.72	15.93	16.34	15.09	15.10	15.40
CaO	0.03	0.00	0.02	0.04	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.02
NiO	0.13	0.02	0.09	0.14	0.00	0.00	0.03	0.11	0.24	0.07	0.04	0.20	0.03	0.14	0.10	0.12	0.09	0.10	0.00	0.19	0.14	0.03
Na2O	0.00	0.05	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.04	0.04	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
K2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Total	100.03	100.62	99.62	100.34	101.06	99.83	100.84	100.19	99.63	99.78	98.67	100.40	99.95	99.94	101.50	101.75	101.41	101.31	101.97	100.01	100.55	100.77
Si	0.022	0.020	0.020	0.059	0.054	0.023	0.026	0.015	0.019	0.009	0.028	0.027	0.028	0.031	0.021	0.014	0.016	0.010	0.021	0.070	0.099	0.069
Ti	0.012	0.008	0.015	0.029	0.023	0.024	0.016	0.022	0.012	0.025	0.029	0.043	0.016	0.019	0.008	0.016	0.033	0.009	0.011	0.000	0.011	0.012
Cr	11.411	11.489	11.360	11.853	11.434	10.862	10.596	10.886	11.093	11.558	12.452	12.034	12.162	12.645	7.863	12.012	12.046	7.909	7.869	8.695	8.665	8.705
Al	4.596	4.492	4.595	4.134	4.555	5.037	5.254	5.040	4.631	4.366	3.623	3.362	3.281	3.205	8.235	3.257	3.255	8.100	8.112	7.222	7.201	7.150
Fe3+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	0.088	0.000	0.200	0.008	0.000	0.468	0.488	0.065	0.000	0.672	0.606	0.000	0.000	0.000	0.046	
Fe2+	2.512	2.522	2.532	2.616	2.453	3.195	3.051	3.182	3.258	3.429	2.820	2.138	2.165	2.637	2.342	2.714	2.774	2.398	2.342	2.543	2.564	2.498
Mn	0.029	0.026	0.005	0.013	0.035	0.049	0.051	0.064	0.038	0.048	0.036	0.020	0.022	0.059	0.013	0.056	0.051	0.017	0.013	0.025	0.034	0.029
Mg	5.344	5.408	5.429	5.175	5.371	4.765	4.900	4.759	4.691	4.538	4.901	5.861	5.811	5.301	5.417	5.232	5.194	5.510	5.600	5.379	5.353	5.447
Ca	0.009	0.000	0.005	0.010	0.000	0.009	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.003	0.003	0.000	0.000	0.000	0.003	0.003	0.006	0.000	0.003	0.004
Ni	0.025	0.004	0.019	0.028	0.000	0.000	0.007	0.022	0.049	0.014	0.009	0.041	0.006	0.028	0.019	0.025	0.019	0.018	0.000	0.036	0.027	0.007
Na	0.000	0.023	0.009	0.000	0.000	0.009	0.000	0.018	0.021	0.000	0.013	0.000	0.010	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000	0.005	0.005	0.007	0.005	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000
Total	23.961	23.992	23.989	23.917	23.926	23.995	23.987	24.007	24.020	23.998	23.910	23.996	23.996	23.994	23.924	24.001	23.996	23.974	23.980	23.970	23.955	23.967
FM	32.23	32.02	31.85	33.69	31.66	40.67	39.43	40.55	42.70	43.44	36.81	30.94	31.52	34.24	30.30	39.68	39.78	30.47	29.60	32.31	32.67	32.08

TABLEAU I-2 (SUITE)

Spinelles des chromitites mantelliques

N°d'anal	146A79	146A80	146A81	213/82	213/83	143A42	143A43	144A44	144A47	144A50	144A51	139A52	139A53	139A54	139A56	139A57	140A62	140A63	140A67	213/85	213/86
SiO2	0,34	0,14	0,22	0,00	0,00	0,22	0,12	0,30	0,23	0,10	0,02	0,22	0,13	0,12	0,22	0,21	0,11	0,09	0,08	0,03	0,00
TiO2	0,03	0,09	0,11	0,26	0,22	0,15	0,11	0,09	0,09	0,08	0,07	0,06	0,03	0,12	0,06	0,05	0,10	0,08	0,13	0,16	0,20
Cr2O3	46,62	46,13	48,76	54,86	55,42	61,00	61,48	62,52	62,49	62,75	63,24	56,80	56,74	56,66	57,52	57,21	58,76	58,92	58,95	54,58	54,40
Al2O3	25,28	26,41	23,57	14,09	13,78	11,04	11,05	10,11	10,51	10,01	9,92	12,23	13,17	13,24	12,54	13,16	13,83	13,94	14,04	14,81	15,00
Fe2O3	0,12	0,00	0,00	1,06	1,22	0,79	0,30	0,39	0,09	0,42	0,33	1,14	1,57	1,49	0,95	0,97	0,58	0,10	0,06	1,56	1,70
FeO	12,33	12,94	13,41	17,21	17,00	11,28	11,69	13,16	12,68	12,50	12,53	16,80	15,64	15,91	16,00	16,10	11,37	11,88	12,18	16,86	17,26
MnO	0,14	0,00	0,13	0,15	0,18	0,21	0,12	0,11	0,20	0,18	0,03	0,28	0,32	0,20	0,16	0,18	0,13	0,07	0,08	0,24	0,24
MgO	15,43	15,00	14,66	10,91	11,04	14,45	14,24	13,32	13,61	13,67	13,81	10,66	11,72	11,72	11,44	11,54	14,85	14,53	14,45	11,29	11,17
CaO	0,00	0,02	0,00	0,06	0,03	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NiO	0,17	0,22	0,03	0,07	0,00	0,13	0,06	0,03	0,00	0,03	0,18	0,10	0,10	0,03	0,01	0,19	0,00	0,03	0,10	0,00	0,13
Na2O	0,01	0,08	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00	0,02	0,05
K2O	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02
Total	100,46	101,01	100,89	98,67	98,88	99,29	99,21	100,11	99,92	99,74	100,13	98,30	99,46	99,54	98,92	99,62	99,77	99,65	100,06	99,55	100,17
Si	0,080	0,033	0,054	0,000	0,000	0,056	0,031	0,077	0,059	0,025	0,006	0,057	0,035	0,031	0,058	0,055	0,028	0,022	0,019	0,007	0,000
Ti	0,006	0,015	0,019	0,052	0,044	0,029	0,022	0,017	0,017	0,015	0,014	0,012	0,006	0,024	0,011	0,010	0,019	0,015	0,024	0,031	0,038
Cr	8,776	8,629	9,253	11,333	11,431	12,378	12,505	12,731	12,702	12,812	12,874	11,869	11,614	11,586	11,871	11,702	11,712	11,773	11,742	11,124	11,035
Al	7,092	7,363	6,669	4,338	4,237	3,339	3,351	3,070	3,184	3,046	3,009	3,809	4,017	4,037	3,859	4,012	4,107	4,151	4,167	4,500	4,537
Fe3+	0,021	0,000	0,000	0,208	0,239	0,152	0,059	0,077	0,018	0,082	0,064	0,227	0,306	0,290	0,186	0,189	0,109	0,019	0,012	0,303	0,329
Fe2+	2,454	2,561	2,692	3,760	3,708	2,420	2,514	2,834	2,727	2,700	2,698	3,713	3,385	3,441	3,492	3,484	2,396	2,511	2,566	3,635	3,703
Mn	0,028	0,000	0,026	0,034	0,040	0,046	0,027	0,025	0,043	0,039	0,006	0,063	0,071	0,044	0,036	0,040	0,028	0,016	0,018	0,053	0,051
Mg	5,474	5,288	5,245	4,249	4,292	5,526	5,460	5,114	5,216	5,261	5,298	4,202	4,524	4,519	4,453	4,448	5,578	5,474	5,426	4,337	4,273
Ca	0,000	0,004	0,000	0,018	0,008	0,001	0,006	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ni	0,032	0,041	0,007	0,014	0,000	0,026	0,012	0,007	0,000	0,007	0,038	0,022	0,021	0,006	0,002	0,040	0,000	0,007	0,020	0,001	0,027
Na	0,007	0,036	0,000	0,000	0,005	0,010	0,000	0,000	0,013	0,000	0,000	0,004	0,010	0,020	0,000	0,004	0,009	0,005	0,000	0,008	0,027
K	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,009	0,000	0,000	0,000	0,005
Total	23,971	23,973	23,964	24,007	24,004	23,985	23,987	23,972	23,978	23,988	24,005	23,978	23,994	23,997	23,972	23,984	23,996	23,992	23,994	24,000	24,025
FM	31,38	32,63	34,13	48,51	48,16	32,15	32,26	36,47	34,82	34,90	34,31	48,78	45,40	45,51	45,48	45,49	31,23	31,75	32,35	47,93	48,86

TABLEAU I-2 (SUITE)

Spinelles des chromitites mantelliques

N°d'anal	213/88	213/89	213/90	213/91	138A96	138A9821/7S11	162A26	162A27	134A62	134A63	134A64	134A65	162A28	162A33	162A34	152A46	152A47	151A64	151A69	151A70	
SiO2	0.05	0.10	0.06	1.34	0.04	0.10	0.03	0.07	0.01	0.04	0.10	0.04	0.07	0.08	0.07	0.07	0.12	0.09	0.10	0.12	
TiO2	0.17	0.14	0.11	0.15	0.07	0.07	0.09	0.10	0.06	0.12	0.14	0.11	0.06	0.08	0.14	0.12	0.09	0.16	0.13	0.15	
Cr2O3	57.03	56.18	56.13	53.91	61.63	66.70	59.70	62.41	62.79	57.82	56.84	57.96	56.06	62.02	62.49	62.59	60.12	62.30	58.15	57.43	
Al2O3	13.09	13.77	13.53	12.97	12.51	5.66	10.86	8.54	8.49	7.59	8.29	7.33	8.82	8.64	8.73	8.59	8.86	9.11	10.94	10.94	
Fe2O3	0.99	1.53	1.74	3.37	0.00	0.46	3.22	3.08	2.81	4.82	5.55	5.69	5.66	3.44	3.25	2.72	3.25	2.87	4.50	4.51	
FeO	17.28	16.79	16.97	15.78	14.52	15.81	13.14	11.70	11.98	20.95	20.76	21.07	21.52	11.46	11.00	12.76	12.66	14.15	15.28	14.93	
MnO	0.17	0.42	0.35	0.17	0.15	0.32	0.20	0.15	0.03	0.20	0.28	0.33	0.26	0.32	0.17	0.23	0.26	0.12	0.25	0.31	
MgO	10.92	11.21	11.06	11.48	12.03	11.06	13.55	14.15	14.04	7.80	8.11	7.84	7.67	14.19	14.66	13.53	13.14	12.94	12.32	12.28	
CaO	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	
NiO	0.15	0.00	0.12	0.02	0.00	0.00	0.03	0.26	0.03	0.24	0.13	0.05	0.03	0.16	0.30	0.00	nd	nd	nd	nd	
Na2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	
K2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	
Total	99.88	100.15	100.06	99.19	100.97	100.19	100.84	100.42	100.36	99.56	100.17	100.50	100.17	100.43	100.75	100.63	98.49	101.70	101.70	100.64	101.19
Si	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.007	0.007	0.019	0.002	0.011	0.026	0.011	0.018	0.020	0.018	0.019	0.031	0.023	0.027	0.031
Ti	0.033	0.027	0.021	0.029	0.013	0.014	0.018	0.018	0.011	0.024	0.034	0.028	0.022	0.012	0.015	0.028	0.024	0.018	0.030	0.026	0.029
Cr	11.703	11.442	11.471	10.995	12.413	14.072	12.061	12.732	12.818	12.488	12.139	12.412	11.981	12.639	12.656	12.783	12.535	12.626	11.753	11.717	11.683
Al	4.004	4.181	4.122	3.943	3.756	1.778	3.270	2.598	2.583	2.444	2.639	2.342	2.809	2.625	2.636	2.615	2.754	2.753	3.296	3.326	3.383
Fe3+	0.193	0.297	0.338	0.655	0.000	0.093	0.620	0.598	0.546	0.991	1.129	1.159	1.152	0.668	0.626	0.528	0.644	0.553	0.867	0.875	0.841
Fe2+	3.751	3.618	3.668	3.404	3.093	3.528	2.808	2.525	2.587	4.787	4.690	4.773	4.864	2.469	2.355	2.758	2.791	3.033	3.268	3.222	3.260
Mn	0.038	0.091	0.077	0.037	0.032	0.072	0.044	0.033	0.008	0.047	0.065	0.075	0.060	0.069	0.036	0.051	0.057	0.026	0.054	0.067	0.072
Mg	4.226	4.305	4.262	4.414	4.566	4.400	5.159	5.443	5.402	3.175	3.266	3.164	3.090	5.452	5.599	5.210	5.165	4.943	4.696	4.722	4.680
Ca	0.011	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.004	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.006	0.006
Ni	0.030	0.000	0.025	0.004	0.000	0.000	0.006	0.054	0.005	0.052	0.028	0.010	0.006	0.033	0.061	0.000	nd	nd	nd	nd	nd
Na	0.000	0.002	0.000	0.000	0.009	0.006	0.000	0.000	0.026	0.001	0.000	0.000	0.000	0.022	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.003	0.000	0.002
Total	24.002	23.987	23.998	23.826	23.894	23.990	23.998	24.009	24.008	24.01	24.00	23.99	24.00	24.014	24.004	23.990	23.992	23.986	23.989	23.987	23.986
FM	48.51	48.20	48.92	48.13	40.63	45.63	40.23	36.7	36.77	64.72	64.31	65.5	66.28	37.03	35.02	39.04	40.34	42.22	47.14	46.86	47.13

TABLEAU 1-2 (SUITE)

Spinelles des chromitites mantelliques

N°d'anal	151A71	151A72	153A75169A105	153A77	153A78147A106147A107147A108	149A85	149A86	149A87	149A88169A107	150A96	150A97150A100169A106148A102148A105	32A33			
SiO2	0.09	0.07	0.36	0.10	0.01	0.10	0.08	0.10	0.13	0.08	0.10	0.07	0.12	0.10	0.27
TiO2	0.15	0.16	4.19	0.11	4.20	0.14	0.14	0.12	0.10	0.14	0.15	0.16	0.08	0.07	0.08
Cr2O3	57.89	58.27	26.78	61.04	26.52	56.53	55.88	56.34	55.59	55.54	61.91	56.65	61.32	60.15	59.98
Al2O3	10.96	10.96	6.61	9.94	6.45	12.54	12.63	12.81	11.88	11.87	9.67	11.70	9.65	8.64	8.33
Fe2O3	3.91	4.13	28.30	1.70	28.88	3.27	2.91	3.31	4.12	3.82	4.34	4.09	3.96	3.02	3.65
FeO	14.97	14.97	27.49	13.59	27.36	13.77	13.98	14.19	14.67	13.83	13.75	12.18	13.29	12.97	13.6
MnO	0.12	0.27	0.26	0.23	0.07	0.12	0.22	0.14	0.39	0.31	0.15	0.29	0.23	0.20	0.06
MgO	12.36	12.44	5.51	12.90	5.72	13.09	12.95	12.88	12.12	12.62	12.83	13.79	13.07	12.81	13.06
CaO	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.05	0.00	0.02	0.00	0.00	nd
NiO	nd	nd	nd	0.00	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.00	nd	0.24
Na2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.13	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.11	0.06	0.00	nd
K2O	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.05	0.01	0.03	0.03	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	nd
Total	100.45	101.28	99.50	99.66	99.24	100.03	99.49	99.72	99.05	98.31	99.53	98.77	99.72	98.08	100.60
Si	0.024	0.018	0.102	0.026	0.003	0.027	0.014	0.018	0.033	0.020	0.027	0.024	0.017	0.032	0.070
Ti	0.029	0.032	0.886	0.022	0.892	0.021	0.020	0.026	0.019	0.033	0.028	0.031	0.016	0.006	0.020
Cr	11.821	11.809	5.951	12.547	5.923	11.504	11.558	11.478	11.463	11.492	12.757	11.618	12.604	12.648	12.220
Al	3.337	3.312	2.188	3.045	2.147	3.805	3.822	3.881	3.653	3.660	2.970	3.495	2.956	2.703	2.920
Fe3+	0.759	0.796	5.985	0.332	6.138	0.634	0.563	0.641	0.808	0.752	0.187	0.848	0.383	0.604	0.720
Fe2+	3.233	3.210	6.463	2.955	6.463	3.003	3.003	3.230	3.201	3.026	2.997	2.636	2.890	2.879	2.930
Mn	0.026	0.059	0.061	0.051	0.017	0.026	0.049	0.032	0.086	0.069	0.033	0.063	0.050	0.045	0.010
Mg	4.757	4.752	2.310	5.000	2.409	5.022	4.958	4.935	4.713	4.921	4.982	5.344	5.064	5.065	5.020
Ca	0.000	0.002	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.013	0.000	0.005	0.000	0.000	nd
Ni	nd	nd	nd	0.000	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.000	nd	0.050
Na	0.001	0.000	0.002	0.000	0.013	0.072	0.000	0.001	0.008	0.016	0.000	0.053	0.028	0.000	nd
K	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000	0.017	0.002	0.000	0.012	0.002	0.000	0.008	0.000	0.000	nd
Total	23.987	23.990	23.949	23.992	24.006	24.041	23.993	23.997	23.994	24.003	23.987	24.029	24.007	23.982	23.986
FM	45.79	46.10	84.41	40.04	83.97	84.19	41.92	43.00	46.45	43.88	39.23	39.30	39.62	41.06	36.99

TABLEAU I-2 (SUITE)

Spinelles des chromitites mantelliques

N°d'anal	20A5	20A7	20A8	20A9	20A11	20A12	46A78	46A79	28A33	28A35	28A38	28A39	29A40	29A41	29A42	29A43	29A44	29A45	29A46	41A65
SiO2	0,13	0,29	0,19	0,09	0,17	0,36	0,26	0,38	0,40	0,84	0,40	0,39	0,39	0,37	0,47	0,71	0,52	0,43	0,37	0,46
TiO2	0,17	0,17	0,29	0,14	0,15	0,07	0,16	0,16	0,10	0,10	0,14	0,13	0,04	0,14	0,06	0,02	0,13	0,08	0,06	0,15
Cr2O3	58,06	57,59	57,38	58,37	56,91	57,74	61,24	60,99	60,50	59,83	61,52	59,55	53,47	52,71	53,55	52,83	52,17	51,95	55,35	58,45
Al2O3	13,20	12,79	12,06	12,79	12,11	12,66	14,88	14,98	13,56	12,53	14,30	11,73	13,67	13,74	14,61	14,26	14,03	14,08	14,32	9,72
Fe2O3	4,35	4,75	4,37	4,42	5,07	4,49	1,98	2,70	2,63	4,55	3,55	3,24	3,16	3,48	2,37	3,57	4,07	4,59	2,48	3,63
FeO	10,98	11,40	10,92	10,71	10,89	10,75	10,28	9,73	8,72	8,63	7,49	8,87	18,93	19,79	17,91	20,08	15,70	15,01	15,12	13,70
MnO	0,03	0,30	0,18	0,46	0,12	0,24	0,35	0,40	0,19	0,39	0,16	0,13	0,14	0,32	0,22	0,46	0,15	0,12	0,17	0,23
MgO	13,59	13,80	14,06	13,53	13,97	13,52	12,42	12,23	12,55	13,28	12,20	13,60	9,73	9,15	10,46	9,04	11,65	12,10	12,44	12,60
CaO	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,05	0,04	0,02	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,02	0,01	0,05	0,00
NiO	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,08	0,07	0,04	0,02	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,11	0,10	0,00
Na2O	0,06	0,00	0,07	0,05	0,04	0,05	0,00	0,00	0,06	0,06	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00
K2O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	100,64	101,16	99,52	100,56	99,43	99,96	101,63	101,63	98,78	100,23	99,79	97,75	99,56	99,77	99,66	100,97	98,59	98,52	100,46	98,94
Si	0,034	0,074	0,048	0,024	0,044	0,092	0,067	0,098	0,106	0,217	0,104	0,104	0,102	0,098	0,121	0,184	0,135	0,111	0,095	0,121
Ti	0,033	0,032	0,057	0,026	0,029	0,013	0,031	0,031	0,020	0,019	0,027	0,026	0,009	0,027	0,012	0,004	0,025	0,016	0,011	0,030
Cr	11,738	11,541	11,673	11,830	11,600	11,739	12,330	12,350	12,605	12,221	12,808	12,427	11,046	10,913	10,942	10,779	10,706	10,643	11,109	12,102
Al	3,308	3,407	3,310	3,234	3,310	3,257	3,085	2,937	2,709	2,626	2,325	2,760	4,209	4,242	4,451	4,336	4,292	4,301	4,283	3,001
Fe3+	0,837	0,906	0,845	0,853	0,983	0,868	0,379	0,521	0,521	0,884	0,704	0,644	0,622	0,686	0,461	0,593	0,796	0,895	0,474	0,715
Fe2+	2,822	2,711	2,596	2,742	2,610	2,724	3,168	3,209	2,989	2,706	3,148	2,589	4,136	4,334	3,872	4,333	3,408	3,252	3,211	3,001
Mn	0,006	0,065	0,039	0,101	0,026	0,052	0,075	0,087	0,042	0,085	0,036	0,029	0,031	0,071	0,048	0,101	0,033	0,027	0,037	0,051
Mg	5,179	5,215	5,394	5,168	5,367	5,182	4,716	4,670	4,928	5,112	4,789	5,349	3,788	3,571	4,031	3,477	4,506	4,672	4,707	4,917
Ca	0,008	0,008	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,000	0,013	0,012	0,006	0,000	0,006	0,001	0,002	0,000	0,004	0,002	0,013	0,000
Ni	0,009	0,007	0,000	0,000	0,000	0,016	0,014	0,008	0,004	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,000	0,000	0,023	0,022	0,020	0,000
Na	0,031	0,000	0,036	0,026	0,020	0,026	0,000	0,000	0,032	0,028	0,000	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,022	0,021	0,000	0,000
K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,023	0,000	0,000	0,002	0,002	0,000	0,000
Total	24,005	23,965	23,997	24,003	23,989	23,974	23,862	23,936	23,970	23,911	23,948	23,956	23,949	23,964	23,938	23,906	23,953	23,963	23,959	23,938
FM	41,44	41,38	39,21	41,69	40,28	41,28	0,43	0,45	41,89	41,82	44,81	37,88	55,84	58,77	52,08	59,59	48,46	47,19	44,15	43,38

TABLEAU I-2 (SUITE)

Spinelles des chromites mantelliques

N°d'anal	41A99	34A102	34A103	34A115	34A105	34A106	34A107	34A108	34A109	32A32	134A42	134A43	133A47	133A48	133A54	133A55	130A69	130A70	130A72
SiO ₂	0,37	0,46	0,35	0,48	0,48	0,45	0,42	0,53	0,59	0,03	0,12	0,08	0,10	0,11	0,20	0,16	0,07	0,05	0,04
TiO ₂	0,08	0,06	0,05	0,05	0,14	0,14	0,09	0,06	0,00	0,10	0,15	0,19	0,11	0,14	0,14	0,11	0,25	0,21	0,18
Cr ₂ O ₃	59,48	53,78	54,72	52,13	53,86	54,89	53,10	52,90	53,40	60,10	61,38	60,78	60,94	60,57	59,73	60,41	55,09	55,85	55,39
Al ₂ O ₃	9,56	14,89	15,17	14,48	14,96	14,52	15,08	15,06	14,90	9,39	10,00	9,94	9,57	9,64	9,37	9,09	13,96	13,43	13,81
Fe ₂ O ₃	3,66	3,60	2,63	4,83	2,33	2,85	3,04	3,13	3,57	3,76	2,71	3,74	4,01	4,16	3,76	4,40	3,79	3,50	4,09
FeO	14,21	12,92	12,56	15,46	14,45	14,15	13,84	14,42	13,13	13,28	13,84	11,69	12,80	12,14	13,81	13,91	14,49	14,35	14,03
MnO	0,24	0,21	0,31	0,08	0,12	0,14	0,20	0,29	0,08	0,20	0,21	0,18	0,20	0,30	0,18	0,19	0,15	0,13	0,37
MgO	12,45	13,74	14,00	12,10	12,75	13,15	13,03	12,59	13,55	13,13	13,19	14,52	13,78	14,08	12,78	12,92	13,12	13,09	13,28
CaO	0,05	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,01	0,05	0,00	nd	0,09	0,03	0,03	0,00	0,02	0,00	0,00	0,03	0,00
NiO	0,00	0,10	0,18	0,10	0,24	0,01	0,08	0,00	0,21	0,24	0,06	0,16	0,09	0,00	0,10	0,05	0,06	0,08	0,11
Na ₂ O	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,03	nd	0,01	0,03	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K ₂ O	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	nd	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Total	100,11	99,75	100,00	99,75	99,33	100,44	98,88	99,03	99,46	100,23	101,75	101,33	101,68	101,17	100,10	101,24	100,97	100,74	101,31
Si	0,096	0,116	0,089	0,123	0,122	0,114	0,106	0,135	0,150	0,010	0,030	0,020	0,027	0,028	0,053	0,041	0,018	0,013	0,011
Ti	0,015	0,011	0,010	0,010	0,026	0,027	0,017	0,012	0,000	0,020	0,029	0,036	0,021	0,027	0,027	0,021	0,048	0,040	0,033
Cr	12,221	10,738	10,877	10,547	10,857	10,953	10,725	10,691	10,695	12,320	12,369	12,197	12,272	12,217	12,275	12,299	11,004	11,208	11,033
Al	2,929	4,430	4,494	4,366	4,496	4,320	4,541	4,539	4,449	2,870	3,005	2,973	2,872	2,898	2,870	2,758	4,157	4,016	4,102
Fe ₃₊	0,715	0,684	0,497	0,930	0,447	0,542	0,585	0,603	0,681	0,730	0,519	0,714	0,769	0,799	0,735	0,853	0,720	0,668	0,775
Fe ₂₊	3,088	2,729	2,640	3,308	3,081	2,987	2,956	3,083	2,781	2,880	2,949	2,483	2,726	2,590	3,003	2,996	3,062	3,046	2,956
Mn	0,052	0,045	0,066	0,017	0,025	0,029	0,043	0,062	0,017	0,040	0,045	0,039	0,043	0,065	0,040	0,042	0,033	0,028	0,079
Mg	4,823	5,173	5,248	4,616	4,846	4,945	4,960	4,796	5,114	5,080	5,009	5,493	5,231	5,355	4,951	4,960	4,940	4,951	4,986
Ca	0,014	0,000	0,000	0,004	0,001	0,008	0,003	0,014	0,000	nd	0,024	0,010	0,009	0,000	0,006	0,000	0,000	0,009	0,001
Ni	0,000	0,020	0,037	0,021	0,050	0,002	0,015	0,000	0,042	0,050	0,012	0,032	0,019	0,000	0,020	0,010	0,011	0,017	0,023
Na	0,000	0,000	0,015	0,000	0,000	0,032	0,000	0,000	0,015	nd	0,007	0,013	0,000	0,015	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
K	0,002	0,000	0,001	0,006	0,000	0,014	0,000	0,000	0,000	nd	0,000	0,000	0,011	0,001	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000
Total	23,956	23,946	23,973	23,947	23,950	23,972	23,950	23,935	23,944	24,000	23,997	24,007	23,999	23,994	23,979	23,981	23,992	24,002	23,999
FM	44,42	40,06	37,90	47,97	42,30	41,85	41,94	43,86	40,48	36,56	41,23	37,07	40,35	39,21	43,28	43,96	43,58	43,05	43,32

TABLEAU I-2 (SUITE)

Spinelles des chromitites mantelliques

N°d'anal	41A67	41A68	41A69	41A88	26A15	26A16	26A17	26A18	26A19	26A20	26A21	26A22	27A26	27A27	27A28	20A4	27A29	27A30	27A32
SiO ₂	0,31	0,39	0,45	0,41	0,36	0,33	0,20	0,47	0,10	0,12	0,17	0,11	0,44	0,36	0,37	0,09	0,40	0,46	0,46
TiO ₂	0,09	0,08	0,13	0,10	0,14	0,30	0,13	0,12	0,18	0,14	0,18	0,16	0,03	0,06	0,06	0,14	0,07	0,06	0,10
Cr ₂ O ₃	58,20	58,32	57,95	58,92	55,72	55,16	55,69	55,47	56,01	55,20	56,25	55,07	51,25	49,71	50,61	57,47	51,93	51,42	49,04
Al ₂ O ₃	9,47	9,64	9,37	9,36	11,85	11,68	12,19	12,25	11,82	11,57	11,89	11,88	17,87	18,24	18,43	13,01	17,68	17,31	18,27
Fe ₂ O ₃	3,68	3,51	3,68	2,68	4,76	4,02	4,55	3,51	3,66	4,33	4,34	4,90	1,90	4,18	3,72	5,14	3,69	3,25	3,36
FeO	14,00	14,46	14,23	14,06	16,12	15,86	16,57	16,81	16,06	15,57	14,73	15,81	12,41	11,65	11,61	11,01	13,64	12,99	12,71
MnO	0,11	0,18	0,00	0,30	0,25	0,24	0,25	0,25	0,41	0,23	0,30	0,40	0,08	0,21	0,16	0,34	0,15	0,30	0,08
MgO	12,28	12,03	12,14	12,05	11,62	11,53	11,43	10,99	11,39	11,58	12,46	11,61	14,16	14,85	15,10	13,54	14,02	13,90	14,00
CaO	0,00	0,01	0,00	0,03	0,04	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,01
NiO	0,00	0,02	0,05	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,11	0,02	0,00	0,24	0,14	0,09	0,02	0,13	0,00
Na ₂ O	0,00	0,00	0,06	0,06	0,00	0,04	0,01	0,00	0,00	0,08	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00
K ₂ O	0,01	0,00	0,00	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,02
Total	98,14	98,64	98,06	97,99	100,88	99,19	101,07	99,88	99,65	98,83	100,49	100,00	98,17	99,49	100,21	100,82	101,69	99,85	98,06
Si	0,083	0,103	0,119	0,109	0,094	0,086	0,052	0,122	0,025	0,033	0,043	0,029	0,112	0,089	0,091	0,022	0,097	0,114	0,117
Ti	0,017	0,016	0,026	0,020	0,027	0,058	0,025	0,023	0,036	0,027	0,035	0,032	0,006	0,011	0,010	0,026	0,013	0,011	0,019
Cr	12,190	12,166	12,153	12,371	11,332	11,399	11,318	11,391	11,549	11,464	11,428	11,308	10,207	9,752	9,841	11,611	10,071	10,146	9,775
Al	2,957	2,999	2,928	2,930	3,593	3,598	3,693	3,751	3,634	3,581	3,600	3,637	5,306	5,333	5,343	3,315	5,112	5,090	5,428
Fe ₃₊	0,734	0,697	0,735	0,536	0,920	0,791	0,881	0,686	0,719	0,855	0,839	0,958	0,359	0,780	0,689	0,989	0,681	0,611	0,638
Fe ₂₊	3,102	3,192	3,158	3,123	3,468	3,467	3,561	3,651	3,503	3,421	3,167	3,434	2,616	2,418	2,388	2,780	2,799	2,710	2,681
Mn	0,025	0,041	0,000	0,068	0,055	0,053	0,055	0,054	0,090	0,051	0,066	0,089	0,017	0,044	0,034	0,073	0,032	0,063	0,017
Mg	4,848	4,730	4,801	4,768	4,453	4,491	4,379	4,254	4,429	4,533	4,771	4,492	5,316	5,492	5,535	5,156	5,126	5,172	5,260
Ca	0,000	0,002	0,000	0,008	0,010	0,000	0,000	0,006	0,000	0,005	0,007	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,011	0,001	0,003
Ni	0,000	0,004	0,011	0,000	0,000	0,005	0,006	0,000	0,000	0,000	0,022	0,005	0,000	0,048	0,028	0,019	0,004	0,025	0,000
Na	0,000	0,000	0,030	0,029	0,000	0,023	0,007	0,000	0,000	0,040	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000
K	0,005	0,000	0,000	0,010	0,008	0,004	0,004	0,002	0,006	0,000	0,000	0,006	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012	0,008
Total	23,960	23,948	23,960	23,970	23,959	23,974	23,981	23,940	23,990	24,008	23,997	23,989	23,947	23,966	23,960	23,992	23,967	23,956	23,946
FM	44,33	45,38	44,77	43,87	49,94	48,98	50,67	5,08	49,32	48,83	46,04	49,94	36,02	37,12	35,98	42,70	40,66	39,55	38,81

Spinelles des chromites mantelliques

TABLEAU I-2 (SUITE)

N° d'anal	69/104	169/105	169/106	17A141	17A142	17A143	17A147	17A148	36A123	36A124	36A130	36A136	36A137	36A138	36A140	36A141	169/73	169/74	169/75	169/64
SiO ₂	0,01	0,03	0,08	0,18	0,22	0,23	0,37	0,22	0,05	0,15	0,04	0,00	0,12	0,13	0,06	0,07	0,22	0,30	0,09	0,04
TiO ₂	0,07	0,00	0,06	0,01	0,11	0,11	0,13	0,14	0,08	0,00	0,06	0,00	0,24	0,04	0,11	0,17	0,01	0,00	0,04	0,09
Cr ₂ O ₃	58,21	58,07	57,19	61,31	59,86	60,95	61,19	60,19	61,28	61,57	58,85	61,69	61,23	62,50	62,04	62,02	55,61	56,71	55,39	57,57
Al ₂ O ₃	11,80	11,78	12,06	12,70	13,23	12,91	12,96	12,92	8,79	9,00	8,84	9,15	9,05	9,05	9,01	9,10	11,82	11,47	11,76	12,10
V ₂ O ₃	0,18	0,00	0,01	0,32	0,22	0,17	0,03	0,11	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,17	0,19	0,17	0,07
Fe ₂ O ₃	3,84	4,08	4,48	0,00	0,00	0,53	0,00	0,85	3,59	3,86	5,00	2,78	3,11	3,03	2,79	2,61	4,03	4,17	4,66	3,60
FeO	13,90	13,60	13,13	11,55	11,96	11,31	12,00	11,44	10,53	10,16	9,98	11,10	10,79	11,34	11,38	11,38	13,23	13,34	12,99	12,80
MnO	0,24	0,28	0,30	0,06	0,01	0,26	0,19	0,22	0,01	0,07	0,09	0,00	0,24	0,29	0,30	0,22	0,03	0,17	0,27	0,25
MgO	13,21	13,30	13,59	13,65	14,40	15,02	14,31	14,88	14,80	15,12	14,78	14,46	14,57	14,43	14,28	14,37	13,01	13,05	13,11	13,73
ZnO	0,13	0,18	0,11	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,00	0,05	0,00	0,22
NiO	0,35	0,07	0,14	0,26	0,00	0,14	0,00	0,18	0,08	0,20	0,33	0,20	0,11	0,05	0,15	0,00	0,01	0,05	0,02	0,05
Total	101,94	101,40	101,16	100,04	100,00	101,64	101,17	101,16	99,20	100,13	97,98	99,37	99,37	100,86	100,13	99,95	98,14	99,51	98,49	100,51
Si	0,000	0,010	0,020	0,050	0,050	0,060	0,090	0,060	0,010	0,040	0,010	0,000	0,030	0,030	0,020	0,020	0,060	0,080	0,020	0,010
Ti	0,010	0,000	0,010	0,000	0,020	0,020	0,020	0,030	0,020	0,000	0,010	0,000	0,030	0,010	0,020	0,030	0,000	0,000	0,010	0,020
Cr	11,640	11,660	11,470	12,290	11,950	11,970	12,090	11,890	12,560	12,470	12,210	12,630	12,530	12,630	12,640	12,640	11,480	11,580	11,410	11,590
Al	3,520	3,530	3,600	3,790	3,940	3,780	3,820	3,800	2,680	2,720	2,730	2,790	2,760	2,730	2,740	2,770	3,640	3,490	3,610	3,630
V	0,040	0,000	0,000	0,060	0,040	0,030	0,010	0,020	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,030	0,040	0,040	0,010
Fe ₃ +	0,730	0,780	0,860	0,000	0,000	0,100	0,000	0,160	0,700	0,740	0,990	0,540	0,610	0,580	0,540	0,510	0,790	0,810	0,910	0,690
Fe ₂ +	2,940	2,890	2,790	2,450	2,520	2,350	2,510	2,390	2,280	2,180	2,190	2,400	2,340	2,420	2,450	2,450	2,890	2,880	2,830	2,730
Mn	0,050	0,060	0,060	0,010	0,000	0,060	0,040	0,050	0,000	0,010	0,020	0,000	0,050	0,060	0,070	0,050	0,010	0,040	0,060	0,050
Mg	4,980	5,030	5,140	5,160	5,420	5,560	5,330	5,540	5,720	5,780	5,780	5,580	5,620	5,500	5,480	5,520	5,060	5,020	5,090	5,210
Zn	0,020	0,030	0,020	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,000	0,010	0,000	0,040
Ni	0,010	0,010	0,030	0,050	0,000	0,030	0,000	0,040	0,020	0,040	0,070	0,040	0,020	0,010	0,030	0,000	0,000	0,010	0,000	0,010
Total	24,020	24,010	24,000	23,880	23,960	23,980	23,920	23,990	24,000	24,000	24,020	24,020	23,990	23,990	24,010	24,000	23,970	23,960	23,980	24,000
FM	38,00	37,00	36,00	32,31	31,80	31,07	32,34	31,90	28,54	27,52	27,65	30,11	29,82	31,14	31,47	31,18	36,00	36,00	35,00	38,00

TABLEAU I-2 (SUITE)

Spinelles des chromitites mantelliques

N° d'ana	169/62	169/111	169/112	169/113	169/114	169/115	169/116	169/59	169/107	169/108	41A85	41A71	41A78	41A87	41A90	41A91	30A17	30A19	30A14	30A21
SiO2	0,04	0,08	0,00	0,08	0,02	0,00	0,03	0,12	0,00	0,04	0,49	0,28	0,42	0,40	0,45	0,44	0,15	0,03	0,09	0,06
TiO2	0,10	0,08	0,03	0,00	0,06	0,05	0,03	0,03	0,00	0,05	0,09	0,09	0,03	0,13	0,20	0,12	0,28	0,18	0,10	0,13
Cr2O3	57,71	57,26	57,61	58,21	57,39	56,76	56,62	56,46	57,48	57,73	59,15	58,92	57,97	57,91	57,97	59,24	56,52	56,46	56,96	57,15
Al2O3	3,48	3,83	3,76	3,43	3,70	3,45	3,76	4,15	4,24	3,49	9,46	9,29	9,39	9,69	9,63	9,04	12,58	10,93	14,55	12,28
V2O3	11,69	11,69	11,94	11,53	12,16	12,01	11,77	12,13	11,40	12,11	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fe2O3	0,03	0,08	0,17	0,15	0,15	0,11	0,05	0,03	0,10	0,09	3,06	3,33	5,06	3,60	4,11	4,12	3,93	4,64	4,83	4,58
FeO	13,88	13,39	12,72	13,72	12,96	12,78	12,45	13,65	13,11	13,76	13,22	13,42	12,40	13,97	12,38	14,48	11,22	10,96	10,65	10,83
MnO	0,20	0,24	0,23	0,05	0,28	0,37	0,20	0,20	0,27	0,12	0,17	0,34	0,35	0,23	0,34	0,35	0,30	0,21	0,23	0,00
MgO	13,01	13,21	13,71	13,13	13,60	13,34	13,56	13,10	13,31	13,24	12,77	12,51	12,99	12,26	13,28	12,12	13,47	14,42	12,35	13,84
ZnO	0,11	0,00	0,20	0,00	0,20	0,03	0,02	0,25	0,10	0,09	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
NiO	0,00	0,13	0,02	0,05	0,09	0,00	0,01	0,03	0,00	0,04	0,00	0,01	0,10	0,01	0,00	0,00	0,41	0,36	0,11	0,08
Total	100,26	99,97	100,39	100,36	100,60	98,90	98,50	100,25	100,01	100,76	98,41	98,19	98,82	98,19	98,39	99,91	98,86	98,20	99,86	98,94
Si	0,010	0,020	0,000	0,020	0,000	0,000	0,010	0,030	0,000	0,010	0,128	0,075	0,112	0,105	0,117	0,116	0,040	0,010	0,020	0,020
Ti	0,020	0,020	0,010	0,000	0,010	0,010	0,010	0,010	0,000	0,010	0,018	0,017	0,006	0,026	0,039	0,023	0,050	0,040	0,020	0,020
Cr	11,720	11,640	11,630	11,800	11,560	11,620	11,630	11,460	11,690	11,640	12,298	12,328	12,115	12,106	12,013	12,243	11,600	11,600	11,710	11,710
Al	3,540	3,540	3,590	3,490	3,650	3,670	3,600	3,660	3,460	3,640	2,932	2,896	2,926	3,019	2,976	2,784	3,430	3,360	3,260	3,310
V	0,100	0,020	0,030	0,030	0,030	0,020	0,010	0,010	0,020	0,020	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fe3+	0,670	0,740	0,720	0,660	0,710	0,670	0,740	0,810	0,820	0,670	0,606	0,664	0,808	0,717	0,811	0,810	0,770	0,910	0,940	0,890
Fe2+	2,980	2,880	2,720	2,940	2,760	2,770	2,710	2,930	2,820	2,930	2,908	2,969	2,741	3,088	2,714	3,166	2,730	2,380	3,170	2,660
Mn	0,040	0,050	0,050	0,010	0,060	0,080	0,040	0,040	0,060	0,030	0,039	0,077	0,079	0,051	0,075	0,078	0,070	0,050	0,050	0,000
Mg	4,980	5,060	5,220	5,020	5,160	5,150	5,250	5,010	5,110	5,030	5,006	4,933	5,117	4,833	5,188	4,721	5,210	5,590	4,790	5,350
Zn	0,200	0,000	0,040	0,000	0,040	0,010	0,000	0,050	0,020	0,020	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Ni	0,000	0,030	0,000	0,010	0,020	0,000	0,000	0,010	0,000	0,010	0,000	0,002	0,020	0,002	0,000	0,000	0,080	0,070	0,020	0,020
Total	24,000	23,990	24,000	23,990	24,010	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	23,934	23,962	23,954	23,947	23,954	23,942	24,020	24,020	24,000	24,000
FM	38,00	37,00	35,00	37,00	35,00	36,00	35,00	37,00	37,00	0,36	41,51	42,93	41,49	44,38	40,96	46,20	34,92	30,25	40,17	33,23

TABLEAU I-2 (SUITE)

Spinelles des chromitites mantelliques

N° d'anal	69/104	169/105	169/106	17A141	17A142	17A143	17A147	17A148	36A123	36A124	36A130	36A136	36A137	36A138	36A140	36A141	169/73	169/74	169/75	169/64
SiO ₂	0.01	0.03	0.08	0.18	0.22	0.23	0.37	0.22	0.05	0.15	0.04	0.00	0.12	0.13	0.06	0.07	0.22	0.30	0.09	0.04
TiO ₂	0.07	0.00	0.06	0.01	0.11	0.11	0.13	0.14	0.08	0.00	0.06	0.00	0.24	0.04	0.11	0.17	0.01	0.00	0.04	0.09
Cr ₂ O ₃	58.21	58.07	57.19	61.31	59.86	60.95	61.19	60.19	61.28	61.57	58.85	61.69	61.23	62.50	62.04	62.02	55.61	56.71	55.39	57.57
Al ₂ O ₃	11.80	11.78	12.06	12.70	13.23	12.91	12.96	12.92	8.79	9.00	8.84	9.15	9.05	9.05	9.01	9.10	11.82	11.47	11.76	12.10
V ₂ O ₃	0.18	0.00	0.01	0.32	0.22	0.17	0.03	0.11	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.17	0.19	0.17	0.07
Fe ₂ O ₃	3.84	4.08	4.48	0.00	0.00	0.53	0.00	0.85	3.59	3.86	5.00	2.78	3.11	3.03	2.79	2.61	4.03	4.17	4.66	3.60
FeO	13.90	13.60	13.13	11.55	11.96	11.31	12.00	11.44	10.53	10.16	9.98	11.10	10.79	11.34	11.38	11.38	13.23	13.34	12.99	12.80
MnO	0.24	0.28	0.30	0.06	0.01	0.26	0.19	0.22	0.01	0.07	0.09	0.00	0.24	0.29	0.30	0.22	0.03	0.17	0.27	0.25
MgO	13.21	13.30	13.59	13.65	14.40	15.02	14.31	14.88	14.80	15.12	14.78	14.46	14.57	14.43	14.28	14.37	13.01	13.05	13.11	13.73
ZnO	0.13	0.18	0.11	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.00	0.05	0.00	0.22
NiO	0.35	0.07	0.14	0.26	0.00	0.14	0.00	0.18	0.08	0.20	0.33	0.20	0.11	0.05	0.15	0.00	0.01	0.05	0.02	0.05
Total	101.94	101.40	101.16	100.04	100.00	101.64	101.17	101.16	99.20	100.13	97.98	99.37	99.37	100.86	100.13	99.95	98.14	99.51	98.49	100.51
Si	0.000	0.010	0.020	0.050	0.050	0.060	0.090	0.060	0.010	0.040	0.010	0.000	0.030	0.030	0.020	0.020	0.060	0.080	0.020	0.010
Ti	0.010	0.000	0.010	0.000	0.020	0.020	0.020	0.030	0.020	0.000	0.010	0.000	0.030	0.010	0.020	0.030	0.000	0.000	0.010	0.020
Cr	11.640	11.660	11.470	12.290	11.950	11.970	12.090	11.890	12.560	12.470	12.210	12.630	12.530	12.630	12.640	12.640	11.480	11.580	11.410	11.590
Al	3.520	3.530	3.600	3.790	3.940	3.780	3.820	3.800	2.680	2.720	2.730	2.790	2.760	2.730	2.740	2.770	3.640	3.490	3.610	3.630
V	0.040	0.000	0.000	0.060	0.040	0.030	0.010	0.020	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.030	0.040	0.040	0.010
Fe ₃ +	0.730	0.780	0.860	0.000	0.000	0.100	0.000	0.160	0.700	0.740	0.990	0.540	0.610	0.580	0.540	0.510	0.790	0.810	0.910	0.690
Fe ₂ +	2.940	2.890	2.790	2.450	2.520	2.350	2.510	2.390	2.280	2.180	2.190	2.400	2.340	2.420	2.450	2.450	2.890	2.880	2.830	2.730
Mn	0.050	0.060	0.060	0.010	0.000	0.060	0.040	0.050	0.000	0.010	0.020	0.000	0.050	0.060	0.070	0.050	0.010	0.040	0.060	0.050
Mg	4.980	5.030	5.140	5.160	5.420	5.560	5.330	5.540	5.720	5.780	5.780	5.580	5.620	5.500	5.480	5.520	5.060	5.020	5.090	5.210
Zn	0.020	0.030	0.020	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.000	0.010	0.000	0.040
Ni	0.010	0.010	0.030	0.050	0.000	0.030	0.000	0.040	0.020	0.040	0.070	0.040	0.020	0.010	0.030	0.000	0.000	0.010	0.000	0.010
Total	24.020	24.010	24.000	23.880	23.960	23.980	23.920	23.990	24.000	24.000	24.020	24.020	23.990	23.990	24.010	24.000	23.970	23.960	23.980	24.000
FM	38.00	37.00	36.00	32.31	31.80	31.07	32.34	31.90	28.54	27.52	27.65	30.11	29.82	31.14	31.47	31.18	36.00	36.00	35.00	38.00

TABLEAU I-2 (SUITE)

Spinelles des chromitites mantelliques

N° d'ana	47A87	47A88	46A101	46A103	19/50	19/52	19/53	19/55	19/56	169/103	169/55	169/56	169/57	169/53	169/60	169/66	169/67	169/103	169/110
SiO ₂	0,05	0,04	0,11	0,06	0,20	0,09	0,14	0,23	0,16	0,00	0,20	0,13	0,11	0,19	0,08	0,06	0,26	0,00	0,00
TiO ₂	0,15	0,13	0,13	0,12	0,17	0,17	0,06	0,10	0,08	0,05	0,03	0,00	0,03	0,07	0,04	0,03	0,00	0,04	0,01
Cr ₂ O ₃	61,92	62,19	59,62	58,65	54,40	54,69	53,94	54,41	53,94	57,44	58,44	58,51	58,52	58,76	58,70	57,58	57,56	59,06	58,69
Al ₂ O ₃	8,64	8,42	10,03	9,96	14,00	13,70	13,76	13,87	14,09	12,01	12,06	11,90	12,10	12,24	11,90	12,29	12,18	11,54	12,20
V ₂ O ₃	nd	nd	nd	nd	0,04	0,17	0,13	0,17	0,11	0,24	0,04	0,07	0,11	0,13	0,03	0,18	0,19	0,23	0,01
Fe ₂ O ₃	2,73	3,43	3,19	3,60	3,05	3,84	3,99	3,68	4,38	3,16	3,36	3,68	3,20	2,72	3,44	3,44	3,58	3,08	3,41
FeO	13,03	12,88	12,95	12,91	15,86	15,73	14,53	16,01	14,14	13,72	13,63	13,66	13,91	14,67	13,78	14,74	14,56	14,49	14,13
MnO	0,21	0,23	0,29	0,24	0,14	0,24	0,22	0,25	0,00	0,16	0,13	0,15	0,15	0,13	0,27	0,30	0,30	0,22	0,18
MgO	13,25	13,46	13,28	13,15	11,92	12,10	12,53	11,82	13,13	13,04	13,42	13,40	13,25	12,87	13,30	12,59	12,65	12,79	13,23
ZnO	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,07	0,06	0,12	0,06	0,00	0,12	0,00	0,03	0,15	0,00
NiO	0,06	0,06	0,01	0,14	0,01	0,00	0,23	0,04	0,22	0,00	0,07	0,13	0,07	0,15	0,00	0,16	0,00	0,07	0,00
Total	100,03	100,85	99,62	98,84	99,79	100,73	99,42	100,54	100,24	99,87	101,44	101,75	101,50	101,93	101,67	101,37	101,30	101,66	101,86
Si	0,010	0,010	0,030	0,010	0,050	0,020	0,040	0,060	0,040	0,000	0,050	0,030	0,030	0,050	0,020	0,020	0,070	0,000	0,000
Ti	0,030	0,030	0,030	0,020	0,030	0,030	0,010	0,020	0,010	0,010	0,000	0,000	0,010	0,010	0,010	0,010	0,000	0,010	0,000
Cr	12,740	12,700	12,230	12,140	11,030	11,020	10,950	10,990	10,830	11,680	11,690	11,690	11,710	11,730	11,740	11,580	11,570	11,880	11,720
Al	2,650	2,560	3,070	3,070	4,230	4,120	4,160	4,180	4,220	3,640	3,600	3,540	3,610	3,640	3,550	3,680	3,650	3,460	3,630
V	nd	nd	nd	nd	0,010	0,040	0,030	0,040	0,020	0,050	0,010	0,010	0,020	0,030	0,010	0,040	0,040	0,050	0,000
Fe ₃ ⁺	0,530	0,670	0,620	0,710	0,590	0,740	0,770	0,710	0,840	0,610	0,640	0,700	0,610	0,520	0,660	0,660	0,680	0,590	0,650
Fe ₂ ⁺	2,840	2,780	2,810	2,830	3,400	3,350	3,120	3,420	3,000	2,950	2,880	2,890	2,940	3,100	2,920	3,140	3,100	3,080	2,980
Mn	0,050	0,050	0,060	0,050	0,030	0,060	0,050	0,050	0,001	0,030	0,030	0,032	0,030	0,030	0,060	0,060	0,060	0,050	0,040
Mg	5,140	5,180	5,130	5,130	4,560	4,600	4,790	4,500	4,970	5,000	5,060	5,050	5,000	4,850	5,020	4,780	4,790	4,850	4,980
Zn	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,010	0,010	0,020	0,010	0,000	0,020	0,000	0,010	0,030	0,000
Ni	0,010	0,010	0,000	0,030	0,000	0,003	0,010	0,004	0,004	0,000	0,010	0,030	0,010	0,030	0,000	0,030	0,000	0,010	0,000
Total	24,000	24,000	23,990	24,000	23,990	23,990	24,020	23,970	23,990	24,000	23,980	23,990	23,990	23,980	23,990	23,990	23,960	24,000	24,000
FM	35,93	35,33	35,89	35,94	46,88	47,39	45,09	48,15	43,59	37,00	37,00	37,00	37,00	39,00	37,00	40,00	40,00	39,00	38,00

TABLEAU I-2 (SUITE)

Spinelles des chromitites mantelliques

N° d'ana	29/25	29/26	29/106	31/46	31/47	31/34	31/49	31/45	31/51	31/38	31/39	31/40	31/41	31/42	31/43	46A98	46A99	47A84	47A85
SiO ₂	0,02	0,05	0,14	0,04	0,02	0,05	0,05	0,02	0,04	0,07	0,11	0,03	0,14	0,03	0,04	0,12	0,04	0,08	0,08
TiO ₂	0,17	0,18	0,16	0,09	0,08	0,03	0,07	0,10	0,09	0,03	0,07	0,12	0,10	0,09	0,05	0,17	0,10	0,09	0,02
Cr ₂ O ₃	54,29	55,11	53,85	57,22	58,18	57,48	58,39	58,76	59,03	57,48	57,56	56,23	57,94	56,94	57,85	57,55	59,13	62,31	92,28
Al ₂ O ₃	13,33	13,39	14,18	10,61	10,97	10,89	10,69	10,58	10,79	11,11	11,18	10,57	10,92	10,96	10,80	9,97	9,73	8,24	8,23
V ₂ O ₃	0,19	0,09	nd	0,16	0,19	0,18	0,05	0,17	0,25	0,25	0,23	0,15	0,09	0,23	0,22	nd	nd	nd	nd
Fe ₂ O ₃	4,16	2,96	4,37	5,83	4,53	3,01	5,05	4,17	4,25	4,55	3,49	4,48	3,55	3,84	3,81	3,72	3,28	2,22	2,86
FeO	14,03	15,02	14,42	12,48	12,82	14,93	12,73	13,15	13,69	13,43	14,24	14,90	16,07	14,93	15,34	14,53	15,79	13,40	13,51
MnO	0,20	0,31	0,25	0,21	0,26	0,15	0,16	0,13	0,28	0,38	0,23	0,18	0,25	0,28	0,34	0,08	0,18	0,30	0,21
MgO	12,90	12,24	12,92	13,82	13,65	11,89	13,82	13,47	13,25	13,07	12,52	11,88	11,53	11,95	11,82	12,12	11,50	12,75	12,81
ZnO	0,10	0,10	nd	0,06	0,00	0,05	0,00	0,00	0,12	0,00	0,13	0,19	0,05	0,00	0,00	nd	nd	nd	nd
NiO	0,00	0,05	0,35	0,06	0,01	0,16	0,02	0,23	0,02	0,00	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00	0,32	0,24	0,06	0,03
Total	99,38	99,50	100,60	100,58	100,79	98,80	101,04	100,77	101,82	100,38	99,81	98,77	100,67	99,25	100,27	98,57	100,00	99,46	100,03
Si	0,000	0,010	0,030	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,020	0,030	0,010	0,040	0,010	0,010	0,030	0,010	0,020	0,020
Ti	0,030	0,040	0,030	0,020	0,020	0,010	0,010	0,020	0,020	0,010	0,010	0,020	0,020	0,020	0,010	0,030	0,020	0,020	0,000
Cr	11,040	11,240	10,790	11,590	11,750	11,950	11,770	11,910	11,860	11,680	11,800	11,720	11,870	11,780	11,880	12,020	12,260	12,940	12,860
Al	4,040	4,070	4,240	3,200	3,300	3,380	3,210	3,200	3,230	3,370	3,420	3,290	3,340	3,380	3,310	3,100	3,010	2,550	2,530
V	0,040	0,020	nd	0,030	0,040	0,040	0,010	0,030	0,050	0,050	0,050	0,030	0,020	0,050	0,050	nd	nd	nd	nd
Fe ₃ ⁺	0,800	0,570	0,830	1,120	0,870	0,600	0,970	0,800	0,810	0,880	0,680	0,890	0,690	0,760	0,740	0,740	0,650	0,440	0,560
Fe ₂ ⁺	3,020	3,240	3,060	2,670	2,740	3,280	2,710	2,820	2,910	2,890	3,090	3,290	3,480	3,270	3,330	3,210	3,460	2,940	2,950
Mn	0,040	0,070	0,050	0,050	0,060	0,030	0,040	0,030	0,060	0,080	0,050	0,040	0,050	0,060	0,070	0,020	0,040	0,070	0,050
Mg	4,950	4,710	4,880	5,280	5,200	4,660	5,250	5,140	5,020	5,010	4,840	4,670	4,450	4,660	4,580	4,770	4,490	4,990	4,990
Zn	0,020	0,020	nd	0,010	0,000	0,010	0,000	0,000	0,020	0,000	0,030	0,040	0,010	0,000	0,000	nd	nd	nd	nd
Ni	0,000	0,010	0,070	0,010	0,020	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,010	0,010	0,000	0,000	0,070	0,050	0,010	0,010
Total	24,000	24,000	24,000	23,990	24,000	24,000	23,990	24,000	23,990	23,980	23,990	24,000	23,980	23,990	23,990	24,010	23,990	24,000	24,000
FM	38,00	41,00	39,00	34,00	35,00	42,00	34,00	36,00	37,00	37,00	39,00	42,00	44,00	42,00	43,00	40,35	43,80	37,64	37,54

TABLEAU I-2 (SUITE)

Spinelles des chromitites mantelliques

N° d'ana	31/32	31/33	31/110	31/111	31/112	31/44	31/37	31/17	31/31	31/35	31/36	29/28	29/2	29/3	29/30	29/5	29/13	29/7	29/15
SiO ₂	0,05	0,00	0,03	0,01	0,02	0,02	0,09	0,04	0,05	0,09	0,06	0,06	0,00	0,08	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01
TiO ₂	0,07	0,06	0,10	0,17	0,11	0,18	0,04	0,06	0,03	0,08	0,08	0,07	0,16	0,11	0,10	0,15	0,13	0,19	0,14
Cr ₂ O ₃	57,30	56,71	56,75	56,60	57,58	58,55	58,51	56,48	55,82	58,09	58,10	52,62	56,14	55,64	54,46	54,55	53,77	55,57	54,75
Al ₂ O ₃	10,83	10,88	11,27	11,09	10,98	10,79	10,95	10,68	10,69	10,81	11,07	13,55	13,53	13,64	13,38	13,56	13,47	13,79	12,95
V ₂ O ₃	0,18	0,07	nd	nd	nd	0,19	0,27	0,22	0,27	0,28	0,20	0,14	0,07	0,12	0,14	0,06	0,10	0,23	0,07
Fe ₂ O ₃	3,78	4,31	4,22	4,00	3,98	4,35	4,47	2,88	3,93	5,29	4,42	4,97	3,08	3,68	3,93	3,07	4,13	3,33	3,37
FeO	14,38	13,94	12,75	14,57	13,36	13,10	13,96	15,04	14,45	13,43	14,12	13,30	13,75	13,89	14,02	14,67	14,41	14,42	14,11
MnO	0,31	0,12	0,30	0,21	0,20	0,19	0,19	0,20	0,17	0,38	0,11	0,39	0,33	0,17	0,20	0,29	0,29	0,28	0,20
MgO	12,26	12,61	13,35	12,28	13,12	13,62	13,08	11,44	11,85	13,34	13,00	12,95	13,28	13,29	12,85	12,35	12,50	12,97	12,60
ZnO	0,06	0,12	nd	nd	nd	0,11	0,15	0,00	0,03	0,06	0,00	0,13	0,00	0,09	0,05	0,00	0,13	0,01	0,09
NiO	0,00	0,00	0,19	0,03	0,12	0,00	0,20	0,00	0,00	0,05	0,16	0,08	0,18	0,00	0,06	0,00	0,05	0,02	0,02
Total	99,24	98,83	98,96	98,95	99,48	101,10	101,91	97,05	97,28	101,90	101,32	98,26	100,52	100,71	99,20	98,72	99,00	100,81	98,31
Si	0,010	0,000	0,010	0,000	0,010	0,040	0,060	0,010	0,060	0,060	0,040	0,020	0,000	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	0,010	0,010	0,020	0,030	0,020	0,030	0,010	0,010	0,010	0,010	0,020	0,010	0,030	0,020	0,020	0,030	0,020	0,040	0,030
Cr	11,840	11,740	11,660	11,720	11,800	11,810	11,750	11,970	11,780	11,650	11,730	10,800	11,270	11,140	11,100	11,190	11,000	11,140	11,280
Al	3,340	3,360	3,450	3,420	3,360	3,240	3,290	3,380	3,360	3,230	3,330	4,140	4,070	4,070	4,070	4,150	4,110	4,120	3,980
V	0,040	0,020	nd	nd	nd	0,040	0,060	0,050	0,060	0,060	0,040	0,030	0,010	0,030	0,030	0,010	0,020	0,050	0,010
Fe ₃ +	0,740	0,850	0,820	0,790	0,780	0,830	0,850	0,580	0,790	1,010	0,850	0,970	0,590	0,700	0,760	0,600	0,800	0,640	0,660
Fe ₂ +	3,140	3,050	2,770	3,190	2,900	2,790	2,970	3,370	3,220	2,850	3,010	2,890	2,920	2,940	3,020	3,180	3,120	3,060	3,080
Mn	0,070	0,030	0,070	0,050	0,040	0,040	0,040	0,050	0,040	0,080	0,020	0,090	0,070	0,040	0,040	0,060	0,060	0,060	0,040
Mg	4,780	4,920	5,170	4,790	5,070	5,180	4,950	4,570	4,710	5,050	4,950	5,010	5,030	5,020	4,930	4,780	4,820	4,900	4,900
Zn	0,010	0,020	nd	nd	nd	0,010	0,020	0,000	0,010	0,010	0,000	0,030	0,000	0,020	0,010	0,000	0,030	0,000	0,020
Ni	0,000	0,000	0,040	0,010	0,030	0,000	0,040	0,000	0,000	0,010	0,030	0,020	0,040	0,000	0,010	0,000	0,010	0,000	0,000
Total	23,990	24,000	24,010	24,000	24,000	24,000	24,000	23,990	23,990	23,990	23,990	24,000	24,010	23,990	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000
FM	40,00	38,00	35,00	40,00	37,00	35,00	38,00	43,00	41,00	37,00	38,00	37,00	37,00	37,00	38,00	40,00	40,00	39,00	39,00

TABLEAU I-2 (SUITE)

Spinelles des chromitites mantelliques

N°d'ana	42A167	42A168	42A169	45A104	45A105	45A106	137A7	137A8	137A9	137A11	136A18	136A19	136A20	136A21	136A22	135A25	345A26	135A29	130A73	130A75	132A87
SiO ₂	0,19	0,17	0,17	0,02	0,00	0,12	0,13	0,14	0,13	0,22	0,18	0,13	0,10	0,12	0,15	0,04	0,08	0,21	0,05	0,04	0,09
TiO ₂	0,12	0,22	0,12	0,15	0,09	0,19	0,05	0,00	0,01	0,04	0,07	0,13	0,16	0,09	0,15	1,07	0,58	0,12	0,22	0,21	0,20
Cr ₂ O ₃	55,71	54,88	56,68	54,62	54,38	55,48	65,50	64,88	64,76	65,26	58,22	59,57	62,53	58,08	57,27	44,07	46,25	53,74	56,28	56,17	57,30
Al ₂ O ₃	12,97	13,33	13,22	14,90	14,60	14,78	7,03	7,09	7,15	7,08	11,79	11,57	4,89	12,10	12,09	13,32	12,82	12,13	13,23	13,37	13,15
Fe ₂ O ₃	3,80	4,27	3,87	4,22	4,57	4,13	2,49	2,96	2,65	2,26	4,30	3,26	6,66	4,10	3,66	10,98	10,15	6,31	3,50	3,71	3,70
FeO	12,48	12,61	12,72	11,15	10,94	10,69	11,84	12,59	12,96	12,31	10,93	11,79	13,05	12,00	11,76	22,72	23,75	16,52	14,32	14,47	12,24
MnO	0,13	0,26	0,20	0,21	0,25	0,35	0,08	0,08	0,17	0,02	0,25	0,24	0,25	0,30	0,25	0,35	0,19	0,19	0,28	0,23	0,11
MgO	13,91	13,90	14,12	15,22	15,16	15,60	14,15	13,65	13,32	13,80	14,98	14,58	12,89	14,41	14,30	7,86	7,05	11,38	13,06	13,09	14,60
CaO	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,04	0,04
NiO	0,18	0,00	0,25	0,69	0,24	0,19	0,00	0,00	0,14	0,00	0,02	0,08	0,00	0,00	0,04	0,26	0,00	0,19	0,05	0,09	0,19
Na ₂ O	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,06	0,08	0,01	0,00	0,01	0,00
K ₂ O	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02
Total	99,48	99,65	101,35	101,17	100,24	101,53	101,28	101,39	101,32	101,00	100,74	101,36	100,54	101,22	99,69	100,76	100,96	100,82	101,00	101,44	101,64
Si	0,050	0,040	0,040	0,000	0,000	0,030	0,033	0,037	0,034	0,056	0,046	0,032	0,026	0,030	0,038	0,010	0,022	0,054	0,013	0,010	0,022
Ti	0,020	0,040	0,020	0,030	0,020	0,040	0,010	0,000	0,002	0,008	0,012	0,025	0,031	0,016	0,028	0,213	0,115	0,023	0,041	0,041	0,038
Cr	11,240	11,050	11,240	10,710	10,770	10,820	13,330	13,232	13,247	13,332	11,607	11,857	13,063	11,566	11,560	9,199	9,700	10,962	11,278	11,209	11,310
Al	3,900	4,000	3,910	4,360	4,310	4,290	2,133	2,154	2,179	2,155	3,503	3,432	1,524	3,591	3,638	4,145	4,008	3,688	3,952	3,978	3,870
Fe ₃ +	0,730	0,820	0,730	0,780	0,860	0,770	0,482	0,575	0,516	0,439	0,817	0,618	1,324	0,778	0,702	2,182	2,027	1,226	0,667	0,705	0,694
Fe ₂ +	2,660	2,690	2,670	2,310	2,290	2,210	2,548	2,715	2,804	2,659	2,306	2,481	2,884	2,527	2,511	5,016	5,269	3,565	3,035	3,054	2,555
Mn	0,030	0,060	0,040	0,040	0,050	0,070	0,018	0,017	0,037	0,005	0,054	0,052	0,056	0,065	0,055	0,078	0,042	0,043	0,061	0,049	0,022
Mg	5,290	5,280	5,280	5,630	5,660	5,730	5,427	5,248	5,135	5,315	5,629	5,470	5,077	5,408	5,440	3,095	2,787	4,378	4,934	4,924	5,435
Ca	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,000	0,003	0,007	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,000	0,000	0,004	0,000	0,002	0,010	0,012
Ni	0,040	0,000	0,050	0,140	0,050	0,040	0,000	0,000	0,029	0,000	0,004	0,016	0,000	0,000	0,008	0,056	0,000	0,040	0,011	0,018	0,039
Na	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,011	0,000	0,000	0,000	0,032	0,039	0,007	0,000	0,005	0,000
K	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,007	0,006	0,000	0,003	0,001	0,005	0,007
Total	24,000	23,980	23,990	24,040	24,020	23,990	23,985	23,981	23,991	23,972	23,977	23,994	23,986	23,986	23,986	24,031	24,013	23,988	23,996	24,006	24,004
FM	33,72	34,12	33,92	29,52	29,31	28,43	35,96	38,66	39,53	36,87	36,07	36,55	45,64	38,39	37,53	70,16	72,47	52,47	43,27	43,61	37,58

TABLEAU I-2 (SUITE)

Spinelles des chromitites mantelliques

N°d'ana	24A3	24A4	24A6	24A9	44A23	44A25	44A27	44A28	44A29	44A30	32A38	32A41	45A11	38A115	38A11638A120	38A121	45A107	45A108	45A110	38A122		
SiO2	0,03	0,02	0,11	0,28	0,14	0,07	0,08	0,10	0,08	0,05	0,18	0,24	0,09	0,00	0,12	0,16	0,30	0,18	0,07	0,13	0,23	0,45
TiO2	0,09	0,14	0,15	0,18	0,23	0,14	0,14	0,19	0,06	0,18	0,11	0,07	0,07	0,09	0,09	0,12	0,10	0,14	0,10	0,07	0,14	0,09
Cr2O3	58,09	57,55	60,48	60,46	54,08	55,38	56,40	54,73	55,17	54,81	59,34	61,67	54,46	55,42	60,35	61,46	60,06	59,82	54,00	54,44	54,40	60,33
Al2O3	10,39	10,77	11,86	11,44	14,54	13,88	14,88	14,44	14,46	14,00	9,61	10,03	14,52	14,58	8,38	8,55	8,61	9,39	14,12	14,17	14,33	8,90
Fe2O3	3,99	3,33	1,38	1,78	1,45	1,43	0,83	3,10	2,92	2,83	3,63	2,53	4,47	3,58	4,00	2,59	3,68	4,10	4,70	4,49	4,03	2,61
FeO	11,60	12,22	12,88	12,78	17,76	17,97	17,09	15,77	16,20	18,04	13,41	13,67	11,79	11,97	12,27	12,37	12,07	11,97	10,67	11,08	10,94	13,04
MnO	0,14	0,24	0,26	0,40	0,41	0,27	0,29	0,23	0,31	0,45	0,28	0,15	0,18	0,30	0,18	0,21	0,20	0,30	0,35	0,09	0,31	0,08
MgO	14,01	13,56	13,86	13,78	10,49	10,44	11,43	12,22	11,88	10,59	12,88	13,27	14,67	14,57	13,44	13,40	13,48	13,87	15,01	14,98	14,94	12,91
NiO	0,00	0,47	0,06	0,18	0,46	0,00	0,55	0,43	0,19	0,14	0,06	0,18	0,43	0,17	0,06	0,05	0,11	0,34	0,22	0,08	0,15	0,00
Total	98,36	98,22	101,03	101,30	99,55	99,58	101,70	101,20	101,27	101,10	99,50	101,81	100,68	100,67	98,89	98,90	98,61	100,12	99,23	99,54	99,46	98,41
Si	0,010	0,010	0,030	0,070	0,040	0,020	0,020	0,020	0,020	0,010	0,050	0,060	0,020	0,000	0,030	0,040	0,080	0,050	0,020	0,030	0,060	0,120
Ti	0,020	0,030	0,030	0,030	0,040	0,030	0,030	0,040	0,010	0,030	0,020	0,010	0,010	0,020	0,020	0,020	0,020	0,030	0,020	0,010	0,030	0,020
Cr	11,980	11,910	12,100	12,090	11,080	11,390	11,270	10,960	11,050	11,120	12,240	12,400	10,780	10,970	12,540	12,750	12,470	12,210	10,810	10,860	10,850	12,560
Al	3,190	3,320	3,540	3,410	4,440	4,250	4,430	4,310	4,320	4,230	2,950	3,010	4,280	4,300	2,590	2,640	2,660	2,850	4,210	4,210	4,260	2,760
Fe3+	0,780	0,660	0,260	0,340	0,280	0,280	0,160	0,590	0,560	0,550	0,710	0,480	0,840	0,670	0,790	0,510	0,730	0,800	0,900	0,850	0,770	0,520
Fe2+	2,530	2,670	2,730	2,700	3,850	3,910	3,610	3,340	3,430	3,870	2,920	2,910	2,470	2,510	2,700	2,710	2,650	2,580	2,260	2,340	2,310	2,870
Mn	0,040	0,030	0,050	0,090	0,090	0,060	0,060	0,050	0,070	0,100	0,060	0,030	0,040	0,060	0,040	0,050	0,040	0,070	0,070	0,020	0,070	0,020
Mg	5,450	5,290	5,230	5,190	4,050	4,050	4,310	4,610	4,490	4,050	5,010	5,030	5,470	5,430	5,260	5,240	5,280	5,340	5,660	5,640	5,610	5,070
Ni	0,000	0,100	0,010	0,040	0,100	0,000	0,110	0,090	0,040	0,030	0,010	0,040	0,090	0,030	0,010	0,010	0,020	0,070	0,040	0,020	0,030	0,000
Total	24,000	24,030	24,000	23,980	24,020	23,990	24,020	24,020	24,010	24,010	23,980	23,980	24,010	24,020	23,990	23,980	23,970	24,000	24,000	23,990	23,990	23,940
FM	32,02	33,85	34,70	34,97	49,30	49,05	46,04	42,35	43,51	49,49	37,55	36,88	31,41	32,10	34,20	34,52	33,80	33,16	29,19	29,49	29,71	36,32

TABLEAU I-2 (SUITE)

Spinelles des chromitites mantelliques

N°d'ana	39A135	39A136	39A137	40A143	40A144	40A145	40A146	40A147	40A148	40A152	25A136	25A141	25A142	120A52	120A53	120A58	120A59	120A51	134A33	134A34	134A38
SiO ₂	0,55	1,03	0,65	0,46	0,68	0,39	0,20	0,25	0,43	0,36	0,43	0,06	0,10	0,16	0,13	0,10	0,09	0,13	0,18	0,12	0,14
TiO ₂	0,13	0,17	0,12	0,12	0,03	0,12	0,13	0,15	0,14	0,18	0,06	0,06	0,10	0,09	0,11	0,05	0,06	0,03	0,10	0,09	0,16
Cr ₂ O ₃	56,90	57,54	58,03	56,89	55,88	56,86	54,46	56,32	55,83	56,83	61,11	60,44	61,18	60,66	60,98	61,55	61,55	61,08	59,41	58,84	58,57
Al ₂ O ₃	10,46	10,28	10,40	11,73	11,20	11,67	11,45	11,34	11,44	11,44	9,81	9,92	9,86	9,98	10,09	9,70	9,82	9,85	9,58	9,58	9,71
Fe ₂ O ₃	4,00	4,21	3,57	3,39	4,68	3,57	4,95	4,54	4,05	3,55	2,85	3,50	1,98	3,44	3,06	2,89	2,85	3,22	3,77	4,61	3,41
FeO	12,76	11,56	13,31	13,32	12,48	13,13	11,89	12,46	12,81	13,38	10,19	10,49	11,63	13,00	12,89	12,67	12,76	12,85	11,74	11,30	12,48
MnO	0,16	0,20	0,06	0,24	0,24	0,35	0,12	0,14	0,36	0,28	0,00	0,14	0,15	0,26	0,31	0,04	0,32	0,23	0,13	0,22	0,05
MgO	13,12	13,96	13,02	13,09	13,32	13,14	13,61	13,64	13,10	13,01	15,15	14,93	14,11	13,54	13,64	13,80	13,64	13,60	13,94	14,19	13,36
CaO	0,03	0,01	0,00	0,06	0,01	0,00	0,03	0,07	0,06	0,05	0,02	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NiO	0,00	0,16	0,19	0,03	0,05	0,15	0,00	0,01	0,00	0,07	0,18	0,07	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,00	0,24
Na ₂ O	0,00	0,01	0,00	0,06	0,00	0,10	0,05	0,08	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K ₂ O	0,04	0,00	0,02	0,04	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,03
Total	98,14	99,12	99,36	99,42	98,59	99,49	96,88	99,00	98,24	99,16	99,79	99,63	99,15	101,21	101,22	100,84	101,09	101,02	99,06	98,96	98,15
Si	0,145	0,265	0,167	0,118	0,177	0,102	0,052	0,064	0,112	0,093	0,109	0,015	0,027	0,040	0,034	0,025	0,023	0,033	0,048	0,032	0,037
Ti	0,025	0,033	0,023	0,023	0,006	0,022	0,026	0,028	0,027	0,035	0,011	0,011	0,019	0,017	0,022	0,009	0,011	0,006	0,020	0,018	0,031
Cr	11,781	11,714	11,890	11,594	11,463	11,588	11,347	11,518	11,510	11,635	12,344	12,274	12,533	12,250	12,300	12,466	12,446	12,359	12,215	12,093	12,185
Al	3,228	3,119	3,178	3,563	3,425	3,544	3,558	3,456	3,517	3,493	2,954	3,002	3,012	3,004	3,035	2,929	2,960	2,972	2,937	2,935	3,010
Fe ³⁺	0,788	0,816	0,695	0,658	0,913	0,692	0,981	0,884	0,795	0,693	0,547	0,676	0,387	0,662	0,587	0,557	0,548	0,620	0,738	0,902	0,676
Fe ²⁺	2,794	2,489	2,884	2,872	2,707	2,831	2,620	2,695	2,793	2,897	2,176	2,253	2,520	2,778	2,751	2,715	2,729	2,750	2,552	2,457	2,745
Mn	0,035	0,043	0,014	0,051	0,052	0,076	0,027	0,030	0,079	0,061	0,000	0,032	0,034	0,057	0,068	0,009	0,069	0,051	0,030	0,048	0,012
Mg	5,119	5,359	5,031	5,029	5,153	5,050	5,347	5,260	5,093	5,023	5,769	5,714	5,449	5,156	5,185	5,270	5,201	5,187	5,402	5,496	5,241
Ca	0,009	0,002	0,000	0,017	0,003	0,000	0,008	0,018	0,018	0,015	0,007	0,000	0,004	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001
Ni	0,000	0,033	0,040	0,006	0,011	0,031	0,000	0,003	0,000	0,015	0,037	0,015	0,000	0,011	0,000	0,000	0,000	0,000	0,041	0,000	0,050
Na	0,000	0,005	0,000	0,032	0,000	0,051	0,026	0,042	0,008	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
K	0,015	0,000	0,006	0,012	0,011	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,006	0,006	0,000	0,002	0,000	0,000	0,008	0,007	0,000	0,010
Total	23,938	23,878	23,928	23,973	23,921	23,988	23,991	23,998	23,953	23,961	23,955	23,999	23,990	23,983	23,983	23,999	23,987	23,987	23,989	23,983	23,999
FM	41,40	38,46	41,66	41,59	41,61	41,61	40,42	40,69	41,87	42,09	32,07	34,13	35,05	40,41	39,64	38,37	39,15	39,74	38,06	38,27	39,58

TABLEAU I-2 (SUITE)

Spinelles des chromitites mantelliques

N°d'ana	72A15	42A164	43A169	49A187	49A188	49A189	49A190	37A113	37A114	37A116	37A123	37A125	37A126	37A127	37A128	39A131	32A43	32A45	39A132	39A133	39A134
SiO ₂	0,05	0,08	0,24	0,30	0,34	0,29	0,12	0,27	0,22	0,24	0,22	0,17	0,29	0,29	0,17	0,98	0,28	0,06	0,35	0,32	0,76
TiO ₂	0,05	0,18	0,20	0,19	0,13	0,06	0,15	0,13	0,14	0,11	0,13	0,13	0,18	0,07	0,04	0,15	0,16	0,05	0,08	0,12	0,13
Cr ₂ O ₃	63,12	53,82	52,30	56,69	54,34	56,74	55,13	52,89	53,69	52,70	52,59	52,52	52,03	52,82	52,64	57,26	61,02	60,83	57,56	57,62	57,73
Al ₂ O ₃	8,58	13,04	13,51	13,94	13,98	13,96	13,82	14,52	14,54	14,42	14,56	14,39	14,33	14,58	14,29	10,05	9,79	9,85	10,30	10,34	10,07
Fe ₂ O ₃	2,79	4,70	16,05	15,75	14,85	15,50	15,24	15,70	15,70	16,26	16,01	15,39	16,09	15,21	16,14	17,64	3,04	3,19	4,09	3,84	3,59
FeO	13,95	12,09	4,80	1,87	3,40	2,05	2,51	3,80	4,59	4,33	2,90	4,68	3,59	4,73	4,75	3,06	13,42	13,46	15,33	14,73	12,28
MnO	0,18	0,20	0,75	0,40	0,16	0,29	0,15	0,20	0,22	0,15	0,00	0,14	0,00	0,31	0,40	0,28	0,24	0,20	0,09	0,38	0,48
MgO	12,96	13,90	10,94	12,14	12,50	12,28	12,24	11,94	12,35	11,68	11,58	12,21	11,53	12,33	11,57	10,02	13,31	13,21	11,80	11,98	13,17
CaO	0,00	nd	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,05	0,03	0,03	nd	nd	0,01	0,01	0,02
NiO	0,02	0,13	0,00	0,00	0,03	0,10	0,07	0,17	0,27	0,10	0,10	0,24	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Na ₂ O	0,00	nd	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,12	0,09	0,00	0,00	0,01	0,12	0,00	0,00	0,07	nd	nd	0,00	0,00	0,00
K ₂ O	0,00	nd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	nd	nd	0,00	0,02	0,03
Total	101,71	98,14	98,79	101,28	99,78	101,29	99,44	99,74	101,81	100,02	98,08	99,92	98,15	100,40	100,02	99,59	101,25	100,88	99,62	99,35	98,26
Si	0,014	0,020	0,063	0,076	0,086	0,074	0,031	0,070	0,055	0,061	0,059	0,043	0,076	0,073	0,044	0,257	0,070	0,020	0,092	0,084	0,198
Ti	0,010	0,030	0,040	0,035	0,024	0,011	0,030	0,024	0,026	0,022	0,025	0,024	0,036	0,014	0,008	0,030	0,030	0,010	0,016	0,024	0,025
Cr	12,826	11,000	10,904	11,341	10,986	11,342	11,221	10,724	10,675	10,687	10,840	10,632	10,728	10,616	10,690	11,934	12,300	12,360	11,895	11,921	11,936
Al	2,598	3,970	4,198	4,156	4,213	4,160	4,192	4,390	4,308	4,360	4,472	4,344	4,404	4,370	4,328	3,121	2,940	2,990	3,173	3,189	3,103
Fe ³⁺	0,540	0,910	0,754	0,355	0,654	0,390	0,486	0,734	0,869	0,836	0,569	0,902	0,705	0,905	0,918	0,607	0,580	0,620	0,805	0,756	0,707
Fe ²⁺	2,999	2,610	3,540	3,334	3,176	3,278	3,280	3,367	3,302	3,489	3,489	3,295	3,509	3,234	3,468	3,890	2,860	2,890	3,351	3,223	2,685
Mn	0,040	0,040	0,167	0,086	0,034	0,063	0,034	0,044	0,047	0,032	0,000	0,031	0,000	0,066	0,086	0,062	0,050	0,040	0,021	0,084	0,107
Mg	4,963	5,350	4,301	4,577	4,766	4,627	4,695	4,562	4,630	4,464	4,500	4,661	4,481	4,673	4,429	3,939	5,060	5,060	4,598	4,673	5,131
Ca	0,000	nd	0,000	0,001	0,000	0,004	0,005	0,000	0,000	0,001	0,000	0,007	0,000	0,015	0,009	0,010	nd	nd	0,002	0,002	0,007
Ni	0,004	0,030	0,000	0,000	0,007	0,021	0,015	0,035	0,055	0,020	0,020	0,050	0,000	0,000	0,000	0,011	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Na	0,000	nd	0,000	0,000	0,025	0,000	0,000	0,060	0,044	0,000	0,000	0,004	0,059	0,001	0,000	0,037	nd	nd	0,000	0,000	0,000
K	0,000	nd	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	nd	nd	0,000	0,005	0,011
Total	23,993	24,010	23,967	23,961	23,973	23,968	23,988	24,010	24,012	23,977	23,975	23,997	23,997	23,966	23,979	23,898	23,990	23,990	23,953	23,960	23,909
FM	41,89	33,17	50,92	45,20	44,78	44,64	44,73	47,60	47,67	49,39	47,42	47,56	48,47	47,36	50,23	53,65	36,56	36,72	47,60	46,51	40,54

TABLEAU I-2 (SUITE)

Spinelles des chromitites mantelliques

N° d'ana	49A170	49A171	49A172	49A173	49A174	49A175	49A176	49A177	49A180	49A181	49A182	49A183	49A184	43A154	43A155	43A156	43A157	43A158	43A163	43A167	43A168
SiO ₂	0,31	0,22	0,46	0,24	1,28	0,17	0,03	0,07	0,57	0,32	0,35	0,27	0,32	0,43	0,40	0,52	0,50	0,44	0,49	0,25	0,40
TiO ₂	0,16	0,12	0,17	0,13	0,10	0,20	0,15	0,16	0,16	0,18	0,10	0,14	0,07	0,13	0,20	0,14	0,12	0,19	0,29	0,22	0,20
Cr ₂ O ₃	55,64	56,05	55,49	54,62	52,95	55,43	55,24	54,10	55,50	55,77	55,61	54,95	55,31	53,24	53,30	53,19	55,71	52,94	53,66	52,84	52,27
Al ₂ O ₃	13,05	13,55	13,42	13,49	13,14	13,86	14,04	13,83	14,24	13,93	14,07	14,01	14,15	13,44	13,42	13,53	8,97	13,26	13,67	13,21	13,39
Fe ₂ O ₃	2,99	3,92	3,44	3,81	4,18	3,04	2,24	2,77	3,23	2,87	2,95	2,94	3,30	3,19	2,95	3,22	4,85	4,09	2,78	3,67	4,32
FeO	14,38	14,45	13,71	13,74	15,29	16,58	15,66	17,45	12,31	12,77	12,08	12,32	12,47	16,99	17,39	17,41	18,83	17,02	16,81	16,43	17,17
MnO	0,34	0,38	0,14	0,21	0,20	0,15	0,26	0,20	0,17	0,21	0,19	0,06	0,09	0,16	0,15	0,16	0,47	0,46	0,23	0,26	0,29
MgO	12,57	13,01	13,29	13,08	11,71	11,76	11,98	10,77	14,32	13,91	14,27	14,05	14,12	10,74	10,54	10,55	8,83	10,69	11,07	11,02	10,40
CaO	0,00	0,00	0,02	0,02	1,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03	0,00	0,03	0,03	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
NiO	0,21	0,23	0,08	0,13	0,00	0,00	0,03	0,11	0,36	0,11	0,00	0,29	0,16	0,02	0,00	0,09	0,03	0,00	0,04	0,00	0,00
Na ₂ O	0,00	0,03	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,03	0,05	0,00	0,00	0,00	0,03	0,14	0,00	0,00	0,07	0,00
K ₂ O	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,03	0,04	0,02
Total	99,66	101,94	100,25	99,47	99,90	101,26	99,62	99,46	100,87	100,23	99,65	99,13	100,00	98,37	98,37	98,84	98,47	99,12	99,07	98,01	98,45
Si	0,080	0,056	0,118	0,061	0,328	0,043	0,007	0,017	0,142	0,081	0,088	0,069	0,082	0,113	0,105	0,136	0,136	0,116	0,126	0,065	0,106
Ti	0,031	0,022	0,032	0,025	0,019	0,039	0,029	0,032	0,029	0,034	0,019	0,027	0,012	0,025	0,039	0,027	0,024	0,037	0,056	0,044	0,040
Cr	11,305	11,124	11,134	11,064	10,717	11,140	11,240	11,125	10,961	11,132	11,115	11,066	11,038	11,044	11,075	10,993	11,936	10,924	11,023	11,006	10,963
Al	3,952	4,008	4,013	4,074	3,966	4,151	4,257	4,240	4,193	4,146	4,194	4,206	4,210	4,155	4,155	4,169	2,866	4,080	4,187	4,102	4,187
Fe ³⁺	0,578	0,740	0,656	0,734	0,806	0,582	0,434	0,542	0,607	0,545	0,561	0,564	0,628	0,630	0,583	0,634	0,989	0,803	0,544	0,727	0,662
Fe ²⁺	3,090	3,033	2,910	2,945	3,273	3,526	3,371	3,796	2,572	2,697	2,554	2,625	2,632	3,728	3,822	3,806	4,268	3,715	3,652	3,620	3,809
Mn	0,075	0,080	0,030	0,045	0,043	0,033	0,057	0,045	0,036	0,046	0,042	0,013	0,020	0,036	0,035	0,036	0,108	0,102	0,051	0,057	0,065
Mg	4,815	4,867	5,026	4,996	4,467	4,456	4,596	4,176	5,331	5,236	5,377	5,335	5,311	4,201	4,127	4,110	3,568	4,160	4,286	4,327	4,112
Ca	0,000	0,000	0,006	0,005	0,278	0,003	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,007	0,000	0,010	0,009	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000
Ni	0,043	0,047	0,016	0,027	0,000	0,000	0,005	0,023	0,072	0,022	0,000	0,059	0,032	0,005	0,000	0,020	0,007	0,000	0,009	0,000	0,000
Na	0,000	0,013	0,000	0,000	0,022	0,000	0,000	0,000	0,000	0,061	0,014	0,023	0,000	0,000	0,000	0,014	0,074	0,000	0,000	0,038	0,000
K	0,000	0,000	0,009	0,000	0,000	0,015	0,000	0,000	0,003	0,006	0,000	0,008	0,004	0,000	0,000	0,000	0,005	0,006	0,010	0,013	0,006
Total	23,969	23,990	23,951	23,976	23,918	23,987	23,996	23,996	23,948	24,006	23,963	24,000	23,969	23,946	23,948	23,944	23,982	23,945	23,944	23,998	23,949
FM	43,73	44,19	41,71	42,70	47,99	48,16	45,66	51,20	37,62	38,57	36,99	37,50	38,17	51,12	51,82	52,13	60,06	52,62	49,78	50,44	52,45

TABLEAU I-2 (SUITE)

Spinelles des chromitites mantelliques

N°d'ana	31A152	31A153	31A155	31A156	31A161	72A18	73A19	73A25	27A103	27A104	27A112	27A113	26A114	26A115	26A120	26A121	26A122	26A123	25A131	25A132	25A135
SiO ₂	0,32	0,08	0,08	0,08	0,14	0,10	0,07	0,05	0,09	0,08	0,10	0,01	0,05	0,17	0,11	0,13	0,09	0,01	0,37	0,36	0,30
TiO ₂	0,19	0,08	0,13	0,18	0,09	0,12	0,13	0,15	0,08	0,03	0,10	0,07	0,12	0,10	0,05	0,05	0,07	0,12	0,04	0,10	0,10
Cr ₂ O ₃	58,52	58,08	59,04	58,88	58,23	62,34	57,94	57,10	61,93	61,42	62,15	61,33	62,19	62,20	60,45	60,83	62,18	62,19	60,95	61,00	60,75
Al ₂ O ₃	10,19	9,75	9,78	9,84	9,71	8,52	14,32	14,91	9,65	9,18	9,57	9,18	9,11	8,99	8,55	8,78	9,09	9,05	10,00	10,00	9,96
Fe ₂ O ₃	3,40	3,65	2,83	3,98	3,50	2,79	1,64	2,61	1,95	2,27	1,33	3,33	3,56	3,17	4,03	3,95	3,49	3,24	3,37	2,29	4,12
FeO	14,14	13,91	14,18	13,76	14,27	15,67	13,49	11,31	12,18	11,78	12,39	11,65	10,19	10,55	14,59	14,69	10,73	10,71	9,10	9,95	9,06
MnO	0,28	0,20	0,00	0,23	0,26	0,16	0,24	0,05	0,26	0,15	0,29	0,25	0,23	0,17	0,25	0,06	0,22	0,26	0,00	0,15	0,17
MgO	12,50	12,34	12,41	12,85	12,11	11,84	13,87	15,47	13,84	13,83	13,58	14,13	15,26	14,93	12,15	12,38	14,90	14,85	15,90	15,14	16,01
CaO	nd	nd	nd	nd	nd	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01
NiO	0,11	0,03	0,09	0,33	0,00	0,09	0,00	0,04	0,05	0,13	0,00	0,14	0,05	0,02	0,00	0,00	0,19	0,00	0,10	0,19	0,08
Na ₂ O	nd	nd	nd	nd	nd	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01
K ₂ O	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
Total	99,66	98,13	98,54	100,12	98,30	101,66	101,77	101,70	100,06	98,88	99,51	100,10	100,76	100,33	100,18	100,89	101,01	100,45	99,83	99,19	100,57
Si	0,080	0,020	0,020	0,020	0,040	0,027	0,017	0,013	0,023	0,020	0,026	0,002	0,014	0,044	0,029	0,034	0,023	0,002	0,095	0,093	0,076
Ti	0,040	0,020	0,020	0,040	0,020	0,023	0,024	0,027	0,016	0,005	0,019	0,014	0,023	0,018	0,010	0,009	0,014	0,023	0,008	0,020	0,019
Cr	12,040	12,160	12,310	12,080	12,190	12,770	11,412	11,117	12,623	12,682	12,750	12,513	12,521	12,590	12,517	12,484	12,523	12,593	12,242	12,380	12,128
Al	3,120	3,040	3,040	3,010	3,030	2,602	4,205	4,327	2,933	2,826	2,927	2,794	2,732	2,712	2,639	2,687	2,730	2,732	2,993	3,025	2,963
Fe ₃₊	0,670	0,730	0,560	0,780	0,700	0,544	0,307	0,485	0,378	0,447	0,259	0,646	0,682	0,610	0,793	0,772	0,670	0,624	0,643	0,442	0,782
Fe ₂₊	3,080	3,080	3,130	2,990	3,160	3,396	2,810	2,329	2,625	2,573	2,688	2,515	2,170	2,259	3,195	3,189	2,286	2,294	1,933	2,137	1,914
Mn	0,060	0,050	0,000	0,050	0,060	0,034	0,051	0,011	0,056	0,033	0,065	0,056	0,050	0,038	0,055	0,013	0,047	0,057	0,000	0,033	0,036
Mg	4,850	4,870	4,880	4,970	4,780	4,573	5,150	5,678	5,316	5,382	5,253	5,434	5,793	5,696	4,745	4,788	5,656	5,670	6,022	5,793	6,026
Ca	nd	nd	nd	nd	nd	0,000	0,011	0,000	0,011	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,007	0,006	0,000	0,000	0,000	0,002
Ni	0,020	0,010	0,020	0,070	0,000	0,018	0,000	0,009	0,010	0,028	0,000	0,030	0,010	0,004	0,000	0,000	0,039	0,000	0,020	0,039	0,017
Na	nd	nd	nd	nd	nd	0,000	0,016	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,011	0,003	0,000	0,012	0,000	0,000	0,000	0,007
K	nd	nd	nd	nd	nd	0,005	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,008	0,000	0,000	0,000	0,007	0,000	0,000	0,000
Total	23,970	24,000	24,000	24,020	23,980	23,993	24,003	23,994	23,992	23,996	23,986	24,006	23,994	23,989	23,986	23,983	24,006	24,002	23,956	23,962	23,970
FM	39,29	39,09	39,07	37,93	40,24	46,49	38,08	33,22	36,53	36,19	36,44	37,18	33,37	33,79	46,01	45,35	34,68	34,41	29,97	31,08	31,20

TABLEAU I-3

Spinelles des chromitites cumulatives

N°d'anal	2/134	2/135	2/122	2/123	2/129	2/131	2/132	35A48	35A49	35A52	35A53	78M6	78M7	78M10	78M12	78M46	58A14
SiO ₂	0,03	0,08	0,09	0,06	0,05	0,10	0,07	0,10	0,10	0,03	0,17	0,06	0,09	0,01	0,05	0,07	0,00
TiO ₂	0,09	0,09	0,16	0,14	0,16	0,15	0,16	0,15	0,14	0,07	0,13	0,11	0,18	0,22	0,10	0,15	0,00
Cr ₂ O ₃	59,06	59,07	57,49	57,58	58,03	57,38	56,64	60,56	61,33	61,41	60,73	57,20	57,40	57,93	57,49	55,68	57,00
Al ₂ O ₃	7,17	7,20	7,50	7,66	7,40	7,77	8,30	7,94	8,12	7,94	8,40	8,25	8,18	8,15	7,91	8,82	7,70
V ₂ O ₃	0,18	0,20	0,20	0,46	0,19	0,39	0,20	nd	nd	nd	nd	0,60	0,39	0,48	0,59	0,60	nd
Fe ₂ O ₃	4,49	4,15	4,97	5,84	5,60	5,35	5,23	3,59	3,90	3,64	3,34	5,08	5,55	5,52	5,79	6,59	6,00
FeO	19,60	19,76	18,72	19,60	19,36	20,51	19,63	17,15	17,20	17,55	17,07	19,33	19,35	19,62	19,13	19,29	19,00
MnO	0,21	0,08	0,17	0,23	0,34	0,32	0,33	0,27	0,06	0,24	0,26	0,27	0,44	0,29	0,23	0,40	0,00
MgO	8,60	8,52	9,02	8,79	8,84	8,10	8,58	10,48	10,92	10,44	10,68	9,33	9,19	9,02	9,07	9,02	8,00
CaO	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
NiO	0,06	0,13	0,21	0,04	0,07	0,14	0,00	0,14	0,16	0,13	0,10	0,04	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Na ₂ O	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,00	0,00	0,06	0,01	0,04	0,00
K ₂ O	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
Total	99,48	99,28	98,53	100,38	100,02	100,21	99,15	100,39	101,92	101,45	100,87	100,28	100,77	101,31	100,41	100,66	101,00
Si	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,03	0,02	0,03	0,03	0,01	0,05	0,016	0,025	0,003	0,013	0,018	0,000
Ti	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,01	0,03	0,022	0,036	0,043	0,021	0,030	0,030
Cr	12,69	12,73	12,39	12,24	12,39	12,26	12,16	12,70	12,64	12,76	12,62	11,858	11,974	12,147	12,154	11,701	1,320
Al	2,29	2,31	2,41	2,43	2,36	2,48	2,66	2,48	2,49	2,46	2,60	2,549	2,543	2,547	2,492	2,762	2,410
V	0,04	0,04	0,04	0,10	0,04	0,10	0,04	nd	nd	nd	nd	0,104	0,069	0,084	0,104	0,106	nd
Fe ₃ +	0,92	0,85	1,02	1,18	1,14	1,09	1,07	0,72	0,76	0,72	0,66	1,396	1,300	1,102	1,165	1,319	1,200
Fe ₂ +	4,46	4,50	4,27	4,40	4,37	4,64	4,46	3,80	3,75	3,86	3,75	4,239	4,270	4,352	4,278	4,287	4,400
Mn	0,05	0,02	0,04	0,05	0,08	0,07	0,08	0,06	0,01	0,05	0,06	0,061	0,098	0,066	0,052	0,089	0,120
Mg	3,84	3,46	3,67	3,52	3,56	3,26	3,47	4,14	4,24	4,09	4,18	3,647	3,612	3,567	3,617	3,575	3,500
Ca	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,002	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000
Ni	0,01	0,03	0,05	0,10	0,01	0,03	0,00	0,03	0,03	0,03	0,02	0,008	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
Na	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,000	0,000	0,031	0,006	0,023	0,000
K	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,000	0,000	0,000	0,008	0,000	0,000
Total	23,98	23,99	24,01	23,99	23,99	23,98	23,98	23,99	24,00	24,02	23,99	23,902	23,926	23,943	23,911	23,911	24,000
FM	61,00	61,00	59,00	62,00	61,00	64,00	62,00	48,27	46,98	48,89	47,67	61,00	61,10	59,40	61,60	61,40	62,00

TABLEAU I-3 (SUITE)

Spinelles des chromitites cumulatives

N°d'anal	103A162	103A163	103A164	103A165	103A166	104A167	104A168	104A169	104A171	104A172	80A67	80A68	2/126	2/127	2/128	35A54	35A55	35A56
SiO ₂	0.01	0.00	0.07	0.11	0.03	0.04	0.09	0.04	0.09	0.08	0.05	0.06	0.05	0.03	0.04	0.14	0.10	0.11
TiO ₂	0.14	0.09	0.19	0.14	0.22	0.19	0.16	0.13	0.12	0.18	0.15	0.15	0.16	0.11	0.15	0.04	0.07	0.08
Cr ₂ O ₃	59.39	59.01	59.45	59.94	59.96	59.82	59.65	59.49	60.32	59.60	61.03	60.71	57.83	57.28	56.94	60.99	60.29	60.89
Al ₂ O ₃	10.64	10.82	10.79	10.41	10.58	10.75	10.37	10.63	10.32	10.23	2.89	3.12	7.48	7.51	7.72	2.77	3.88	3.23
V ₂ O ₃	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.40	0.34	0.35	nd	nd	nd
Fe ₂ O ₃	3.96	4.13	3.99	3.68	3.58	3.72	3.82	3.49	3.47	3.31	11.28	11.43	5.59	5.44	5.82	8.58	8.09	7.97
FeO	13.22	13.01	12.89	12.83	12.80	12.75	12.15	12.57	12.73	12.23	11.30	10.80	19.12	19.19	18.71	17.16	15.45	15.88
MnO	0.29	0.21	0.10	0.26	0.13	0.28	0.04	0.16	0.14	0.14	0.12	0.18	0.40	0.22	0.42	0.24	0.28	0.33
MgO	13.52	13.64	13.94	13.74	13.95	13.93	14.20	13.84	13.85	13.92	15.12	15.39	8.92	8.75	9.04	10.55	11.42	11.10
CaO	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.02	0.00	nd	nd	nd	nd	nd	nd
NiO	0.17	0.00	0.10	0.08	0.00	0.09	0.08	0.00	0.11	0.22	0.02	0.06	0.14	0.21	0.11	0.20	0.21	0.01
Na ₂ O	0.02	0.00	0.01	0.01	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	nd	nd	nd	nd	nd	nd
K ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Total	101.37	100.90	101.53	101.20	101.28	101.59	100.58	100.35	101.15	99.93	102.00	101.91	100.09	99.07	99.29	100.68	99.79	99.61
Si	0.003	0.000	0.018	0.029	0.008	0.011	0.023	0.010	0.022	0.021	0.013	0.015	0.01	0.01	0.01	0.040	0.030	0.030
Ti	0.027	0.017	0.037	0.026	0.042	0.035	0.031	0.024	0.023	0.034	0.028	0.028	0.03	0.02	0.03	0.010	0.010	0.020
Cr	11.965	11.915	11.912	12.076	12.050	11.985	12.048	12.056	12.154	12.138	12.058	11.975	12.33	12.33	12.19	12.710	12.620	12.790
Al	2.818	2.779	2.731	2.734	2.720	2.701	2.596	2.695	2.713	2.634	2.361	2.253	2.38	2.41	2.46	2.660	2.520	2.500
V	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.10	0.10	0.10	nd	nd	nd
Fe ₃₊	0.760	0.794	0.761	0.706	0.684	0.710	0.735	0.673	0.666	0.641	0.543	0.586	1.13	1.12	1.19	0.550	0.770	0.640
Fe ₂₊	3.196	3.257	3.222	3.126	3.169	3.212	3.121	3.210	3.099	3.104	3.321	3.361	4.31	4.37	4.24	3.780	3.420	3.530
Mn	0.064	0.044	0.022	0.056	0.028	0.061	0.010	0.034	0.031	0.030	0.025	0.039	0.09	0.05	0.10	0.050	0.060	0.070
Mg	5.134	5.194	5.268	5.217	5.287	5.261	5.409	5.289	5.262	5.346	5.631	5.725	3.58	3.55	3.65	4.140	4.510	4.400
Ca	0.000	0.000	0.003	0.000	0.003	0.003	0.000	0.004	0.000	0.007	0.006	0.000	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Ni	0.035	0.000	0.020	0.016	0.000	0.019	0.016	0.000	0.023	0.046	0.004	0.012	0.03	0.05	0.02	0.040	0.050	0.000
Na	0.011	0.000	0.003	0.007	0.013	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	nd	nd	nd	nd	nd	nd
K	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.006	0.005	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Total	24.014	23.999	23.997	23.992	24.004	23.998	23.997	23.994	23.993	24.001	24.002	23.997	23.99	24.01	24.03	23.990	24.000	23.990
FM	41.50	41.05	40.01	40.13	39.36	39.75	38.18	39.14	39.32	38.20	34.21	33.45	61.00	61.00	60.00	48.07	43.60	45.02

TABLEAU I-3 (SUITE)

Spinelles des chromitites cumulatives

N°d'anal	33A48	33A50	33A55	33A56	33A57	33A58	69A4	69A5	158A18	158A19	157A37	157A38	a90/5	a90/12	b90/14	c90/24	33A47
SiO2	0.57	0.55	0.55	0.46	0.50	0.65	0.00	0.04	0.00	0.03	0.15	0.08	0.06	0.06	0.13	0.09	0.55
TiO2	0.08	0.05	0.01	0.04	0.00	0.05	0.16	0.17	0.14	0.13	0.20	0.24	0.41	0.50	0.18	0.24	0.08
Cr2O3	59.73	61.34	59.08	59.02	59.36	59.93	58.36	57.94	57.82	57.91	54.17	54.45	46.95	46.30	60.39	58.37	60.19
Al2O3	6.99	6.91	7.01	6.73	6.78	6.73	8.86	8.75	7.66	7.55	9.07	9.18	16.34	16.62	11.13	12.55	7.09
Fe2O3	4.75	3.87	5.06	6.17	5.08	4.49	4.90	5.26	6.47	6.29	7.57	6.88	8.05	8.46	3.05	2.89	4.22
FeO	15.71	16.02	16.19	16.79	15.38	15.44	19.06	19.25	20.02	20.13	20.89	21.34	19.06	18.95	12.71	12.80	15.58
MnO	0.37	0.43	0.32	0.34	0.31	0.35	0.40	0.19	0.30	0.15	0.42	0.16	0.26	0.18	0.17	0.23	0.28
MgO	10.86	10.79	10.46	10.30	10.90	10.87	9.46	9.42	8.73	8.68	8.11	7.99	10.51	10.75	14.14	14.11	11.01
CaO	0.00	0.00	0.06	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	0.06
NiO	0.02	0.03	0.09	0.00	0.00	0.00	0.06	0.09	0.00	0.04	0.15	0.08	nd	nd	nd	nd	0.14
Na2O	0.02	0.00	0.02	0.02	0.06	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00
K2O	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00
Total	99.13	100.00	98.85	99.86	98.39	98.55	101.26	101.13	101.16	100.91	100.76	100.44	101.64	101.83	101.97	101.30	99.19
Si	0.154	0.146	0.148	0.122	0.135	0.176	0.000	0.011	0.001	0.007	0.040	0.021	0.015	0.015	0.033	0.022	0.146
Ti	0.017	0.009	0.002	0.007	0.000	0.009	0.033	0.034	0.028	0.025	0.040	0.049	0.078	0.094	0.034	0.046	0.016
Cr	12.643	12.892	12.576	12.493	12.666	12.757	12.194	12.130	12.226	12.280	11.470	11.568	9.412	9.243	12.013	11.612	12.717
Al	2.207	2.164	2.226	2.125	2.155	2.136	2.760	2.731	2.413	2.387	2.863	2.907	4.882	4.945	3.302	3.723	2.233
Fe3+	0.957	0.775	1.025	1.244	1.032	0.910	0.975	1.049	1.302	1.268	1.526	1.391	1.535	1.606	0.578	0.547	0.848
Fe2+	3.518	3.562	3.646	3.758	3.472	3.476	4.212	4.262	4.477	4.514	4.679	4.795	4.041	4.002	2.674	2.606	3.481
Mn	0.084	0.097	0.073	0.078	0.071	0.080	0.089	0.042	0.069	0.035	0.095	0.036	0.057	0.038	0.037	0.049	0.064
Mg	4.335	4.275	4.198	4.108	4.385	4.363	3.727	3.719	3.480	3.469	3.236	3.200	3.972	4.046	5.303	5.291	4.385
Ca	0.000	0.000	0.016	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.010	0.000	0.000	0.007	0.000	0.016
Ni	0.004	0.007	0.020	0.000	0.000	0.000	0.012	0.018	0.000	0.008	0.033	0.018	nd	nd	nd	nd	0.030
Na	0.009	0.000	0.009	0.008	0.034	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.006	0.000	0.015	0.000
K	0.005	0.000	0.004	0.000	0.000	0.010	0.000	0.002	0.005	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000	0.000
Total	23.931	23.927	23.942	23.943	23.953	23.917	24.002	24.001	24.001	23.999	23.993	23.995	23.991	23.995	23.990	23.997	23.937
FM	51.26	50.92	53.05	55.29	51.06	50.58	58.600	59.000	62.700	62.640	66.070	66.040	58.650	58.260	38.280	38.330	50.04

TABLEAU I-3 (SUITE)

Spinelles des chromitites cumulatives

N°d'anal	129A80	129A81	129A82	129A83	128A92	128A93	128A97	128A98	128A101	154A79	78M75	78M76	78M80	78M81	c90/23	59A22	90A66
SiO ₂	0.04	0.01	0.00	0.03	0.03	0.00	0.06	0.07	0.07	0.11	0.10	0.17	0.03	0.03	0.15	0.16	0.01
TiO ₂	0.16	0.07	0.06	0.14	0.11	0.06	0.10	0.06	0.13	0.07	0.08	0.18	0.21	0.13	0.20	0.07	0.19
Cr ₂ O ₃	61.56	62.10	61.39	61.15	57.01	56.20	57.14	57.84	57.80	58.38	57.84	57.85	56.84	57.09	58.22	57.62	52.66
Al ₂ O ₃	9.69	9.73	9.71	9.77	8.43	8.44	8.08	7.85	8.23	11.19	11.38	8.05	8.52	8.30	12.53	7.01	10.62
Fe ₂ O ₃	2.16	0.86	2.31	1.98	5.86	4.88	5.94	6.20	5.94	2.48	2.72	6.39	6.81	6.83	3.86	5.94	6.54
FeO	14.67	15.93	12.80	13.04	20.57	20.44	17.99	17.67	17.62	15.55	15.09	19.77	19.58	19.80	12.05	18.05	19.63
MnO	0.27	0.21	0.16	0.25	0.22	0.21	0.35	0.29	0.32	0.22	0.11	0.38	0.43	0.10	0.00	0.38	0.39
MgO	12.49	11.55	13.49	13.27	8.37	7.95	9.66	9.99	10.14	11.74	12.08	9.17	9.14	9.11	14.81	9.28	8.76
CaO	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02	0.11	0.00	0.03	0.02	0.00	nd	nd	nd	0.00	0.03	0.00
NiO	0.19	0.10	0.05	0.00	0.10	0.11	0.06	0.06	0.06	nd	nd	0.01	0.19	0.23	nd	0.01	0.04
Na ₂ O	0.00	0.04	0.00	0.00	0.02	0.01	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	nd	nd	nd	0.00	0.04	0.00
K ₂ O	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.01	0.00	0.00	nd	nd	nd	0.02	0.04	0.02
Total	101.23	100.65	100.00	99.63	100.71	98.31	99.57	100.04	100.36	99.77	99.39	101.44	101.67	101.75	101.85	98.64	98.86
Si	0.010	0.004	0.000	0.008	0.007	0.000	0.017	0.019	0.019	0.030	0.025	0.040	0.010	0.010	0.038	0.044	0.004
Ti	0.031	0.014	0.012	0.027	0.021	0.013	0.021	0.012	0.025	0.013	0.016	0.040	0.040	0.030	0.038	0.015	0.037
Cr	12.544	12.790	12.557	12.557	12.089	12.215	12.148	12.228	12.149	12.020	11.915	12.100	11.870	11.960	11.477	1.220	1.327
Al	2.944	2.988	2.961	2.992	2.666	2.733	2.561	2.473	2.580	3.433	3.494	2.510	2.650	2.590	3.684	2.255	3.371
Fe ₃₊	0.420	0.169	0.450	0.388	1.182	1.009	1.201	1.248	1.189	0.485	0.533	1.270	1.360	1.360	0.724	12.435	11.217
Fe ₂₊	3.162	3.471	2.770	2.833	4.614	4.698	4.046	3.952	3.919	3.388	3.289	4.370	4.330	4.390	2.513	4.121	4.423
Mn	0.058	0.047	0.036	0.054	0.050	0.048	0.079	0.066	0.073	0.049	0.024	0.020	0.100	0.020	0.001	0.088	0.089
Mg	4.796	4.483	5.201	5.136	3.347	3.258	3.871	3.982	4.019	4.559	4.690	3.610	3.600	3.600	5.503	3.777	3.520
Ca	0.000	0.006	0.005	0.000	0.000	0.006	0.032	0.000	0.008	0.006	0.000	nd	nd	nd	0.000	0.007	0.000
Ni	0.039	0.022	0.011	0.000	0.021	0.023	0.012	0.013	0.013	nd	nd	0.000	0.040	0.050	nd	0.003	0.009
Na	0.001	0.018	0.000	0.000	0.011	0.004	0.018	0.000	0.000	0.007	0.000	nd	nd	nd	0.000	0.020	0.000
K	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.000	0.003	0.000	0.000	nd	nd	nd	0.007	0.014	0.006
Total	24.004	24.018	24.003	23.995	24.007	24.009	24.023	23.992	23.996	23.990	23.986	24.010	23.980	24.020	23.984	24.000	24.002
FM	43.15	45.13	38.50	38.93	63.59	63.85	57.91	56.94	56.32	46.240	45.060	54.87	55.14	55.07	37.050	58.98	62.39

TABLEAU I-4

Spinelles accessoires des dunités mantelliques.

N° d'analyse	173A142	173A143	173A144	173A145	173A146	166A65	166A66	166A72	166A73	166A74	28/117	28/118	28/119	139/125	136/131	136/132	136/133
SiO ₂	0.10	0.08	0.05	0.06	0.14	0.08	0.07	0.14	0.18	0.09	0.56	0.31	0.47	0.53	0.36	0.57	0.38
TiO ₂	0.07	0.09	0.11	0.16	0.14	0.16	0.11	0.06	0.02	0.05	0.13	0.09	0.17	0.07	0.22	0.10	0.18
Cr ₂ O ₃	59.81	59.70	59.73	59.20	60.02	59.71	59.48	53.12	53.18	53.37	58.23	58.55	58.10	61.29	57.19	57.67	58.01
Al ₂ O ₃	10.03	9.89	10.26	10.07	9.88	11.86	11.86	16.97	16.90	16.71	10.67	10.71	10.44	7.97	11.46	11.48	11.37
Fe ₂ O ₃	2.05	2.37	2.68	1.88	1.89	1.52	1.67	1.20	1.27	1.41	2.21	2.52	3.01	1.82	2.22	3.15	2.45
FeO	16.46	15.69	15.82	15.70	15.90	15.88	16.38	17.39	16.77	16.83	21.02	21.02	20.94	21.19	17.99	18.55	19.17
MnO	0.24	0.27	0.18	0.27	0.20	0.26	0.17	0.31	0.24	0.22	0.25	0.18	0.22	0.40	0.17	0.27	0.15
MgO	11.04	11.48	11.70	11.36	11.41	12.01	11.71	11.23	11.58	11.60	8.42	8.57	8.53	7.81	10.29	10.14	9.84
CaO	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.02	0.05	0.01	0.00	0.00	0.03
NiO	0.08	0.16	0.12	0.00	0.00	0.13	0.07	0.00	0.00	0.06	0.12	0.00	0.00	0.05	0.04	0.00	0.01
Na ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.04	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00
K ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.03	0.01
Total	99.87	99.74	100.65	98.72	99.61	101.63	101.51	100.44	100.16	100.33	101.61	102.00	101.99	101.16	99.95	101.98	101.61
Si	0.026	0.020	0.012	0.016	0.037	0.021	0.017	0.036	0.045	0.023	0.146	0.080	0.125	0.142	0.095	0.146	0.098
Ti	0.013	0.018	0.021	0.032	0.027	0.030	0.021	0.011	0.003	0.009	0.026	0.018	0.036	0.013	0.043	0.018	0.035
Cr	12.426	12.394	12.268	12.396	12.470	12.044	12.034	10.642	10.654	10.693	12.058	12.070	11.967	12.947	11.839	11.713	11.876
Al	3.107	3.060	3.140	3.145	3.061	3.567	3.578	5.067	5.048	4.990	3.294	3.313	3.226	2.509	3.537	3.491	3.471
Fe ₃₊	0.405	0.469	0.524	0.375	0.374	0.291	0.322	0.229	0.241	0.270	0.436	0.492	0.598	0.366	0.438	0.606	0.478
Fe ₂₊	3.617	3.445	3.436	3.477	3.495	3.387	3.506	3.684	3.554	3.567	4.604	4.594	4.579	4.735	3.940	3.991	4.150
Mn	0.053	0.060	0.040	0.060	0.044	0.057	0.036	0.067	0.050	0.047	0.055	0.040	0.049	0.090	0.038	0.059	0.033
Mg	4.325	4.492	4.532	4.486	4.467	4.567	4.466	4.240	4.374	4.380	3.288	3.340	3.339	3.112	4.016	3.892	3.799
Ca	0.000	0.007	0.000	0.005	0.007	0.000	0.000	0.005	0.003	0.000	0.000	0.007	0.015	0.002	0.000	0.000	0.010
Ni	0.016	0.035	0.026	0.000	0.000	0.026	0.014	0.000	0.000	0.011	0.026	0.000	0.000	0.011	0.009	0.000	0.002
Na	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	0.018	0.016	0.000	0.000	0.013	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000	0.003	0.001	0.000	0.002	0.002	0.003	0.007	0.000	0.011	0.003
Total	23.991	23.999	23.999	23.992	23.982	24.001	23.994	23.983	23.985	23.990	23.934	23.973	23.952	23.936	23.953	23.940	23.954
FM	48.51	46.94	46.89	46.58	46.69	45.00	46.39	48.42	46.79	46.99	60.78	60.54	61.02	62.52	52.36	54.47	55.10

TABLEAU I-4 (SUITE)

Spinelles accessoires des dunités mantelliques.

N°d'anal	257/7	257/8	257/10	257/11	17/110	17/115	17/121	275/27271/163271/164271/165271/166271/167271/168271/169271/170271/171271/156271/158																
SiO ₂	0,18	0,26	0,12	0,15	0,18	0,35	0,14	0,44	0,00	0,12	0,06	0,05	0,04	0,05	0,06	0,08	0,07	0,03	0,02					
TiO ₂	0,11	0,07	0,14	0,00	0,12	0,06	0,16	0,04	0,07	0,08	0,01	0,06	0,11	0,02	0,09	0,07	0,06	0,06	0,05					
Cr ₂ O ₃	53,70	53,86	53,24	53,99	58,45	57,18	57,80	55,21	59,12	57,68	58,76	58,32	58,69	59,15	58,71	55,21	58,36	59,22	58,08					
Al ₂ O ₃	15,22	15,31	15,72	15,38	10,49	11,14	11,02	13,82	11,33	11,32	11,24	11,16	2,68	11,22	11,41	11,74	11,40	10,75	10,76					
V ₂ O ₃	0,17	0,31	0,23	0,22	0,19	0,22	0,28	0,21	0,18	0,15	0,14	0,06	0,11	0,05	0,10	0,13	0,14	0,05	0,14					
Fe ₂ O ₃	2,75	1,75	2,60	1,88	1,68	1,93	1,46	1,97	1,42	2,06	1,56	1,31	8,29	1,52	1,67	2,70	1,99	1,70	1,80					
FeO	16,85	19,25	17,86	18,93	19,63	19,33	20,06	15,90	16,18	17,32	15,86	17,22	23,17	16,22	18,03	18,50	16,01	17,03	17,29					
MnO	0,38	0,21	0,09	0,31	0,20	0,24	0,42	0,18	0,37	0,30	0,35	0,29	0,43	0,22	0,28	0,18	0,27	0,34	0,19					
MgO	11,26	9,92	11,06	10,08	9,06	9,13	8,72	11,94	11,29	10,49	11,34	10,45	5,58	11,29	10,32	9,56	11,41	10,70	10,35					
CaO	0,01	0,02	0,00	0,01	0,00	0,06	0,01	0,00	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd					
ZnO	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,11	0,40	0,12	0,11	0,16	0,11	0,20	0,36	0,31	0,26	0,12					
NiO	0,04	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,08	0,00	0,08	0,00	0,00	0,11	0,00	0,12	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01					
Total	100,18	100,92	101,07	101,10	100,00	99,63	100,15	99,70	100,15	99,93	99,44	99,14	99,26	99,97	100,88	98,53	100,04	100,13	98,80					
Si	0,045	0,066	0,030	0,038	0,047	0,092	0,037	0,147	0,000	0,030	0,020	0,010	0,010	0,010	0,010	0,020	0,020	0,010	0,010					
Ti	0,020	0,010	0,030	0,001	0,020	0,010	0,030	0,005	0,010	0,020	0,000	0,010	0,020	0,000	0,020	0,010	0,010	0,010	0,010					
Cr	10,860	10,900	10,680	10,910	12,260	11,970	12,110	9,259	12,170	11,970	12,170	12,190	13,230	12,200	12,080	11,660	12,010	12,280	12,210					
Al	4,590	4,620	4,700	4,630	3,280	3,480	3,400	0,410	3,480	3,500	3,470	3,480	0,900	3,450	3,500	3,700	3,500	3,320	3,370					
V	0,030	0,060	0,050	0,050	0,040	0,050	0,060	0,025	0,040	0,030	0,030	0,010	0,030	0,010	0,020	0,030	0,030	0,010	0,030					
Fe ³⁺	0,430	0,340	0,500	0,360	0,340	0,390	0,290	6,658	0,280	0,410	0,310	0,260	1,780	0,300	0,330	0,540	0,390	0,340	0,360					
Fe ²⁺	3,600	4,120	3,790	4,050	4,360	4,280	4,440	2,843	3,520	3,800	3,470	3,810	5,520	3,540	3,930	4,130	3,490	3,740	3,840					
Mn	0,080	0,050	0,024	0,070	0,050	0,050	0,090	0,026	0,080	0,070	0,080	0,070	0,100	0,050	0,060	0,040	0,060	0,080	0,040					
Mg	4,290	3,790	4,180	3,840	3,580	3,600	3,440	4,616	4,380	4,010	4,430	4,110	2,370	4,390	4,010	3,800	4,430	4,180	4,100					
Ca	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,000	0,000	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd					
ZnO	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,020	0,080	0,020	0,020	0,030	0,020	0,040	0,070	0,060	0,050	0,020					
Ni	0,010	0,000	0,000	0,030	0,000	0,000	0,020	0,000	0,020	0,000	0,000	0,020	0,000	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000					
Total	23,970	23,960	23,970	23,970	23,970	23,950	23,980	23,994	24,000	24,000	23,990	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	24,010	24,000					
FM	49,00	54,00	51,00	54,00	57,00	57,00	58,00	45,00	45,00	49,00	45,00	49,00	70,00	45,00	50,00	52,00	44,00	48,00	49,00					

Spinelles accessoires des dunites mantelliques.

TABLEAU I-4 (SUITE)

N°d'anal	271/159261	145261/146261	140261/141261	143261/150261	151261/152261	153271/173271	162271/174271	175271/176271	160261/149	261/43261/155									
SiO2	0.04	0.28	0.06	0.15	0.28	0.27	0.07	0.12	0.14	0.70	0.11	0.04	0.10	0.10	0.09	0.01	0.12	0.37	0.25
TiO2	0.05	0.13	0.03	0.02	0.00	0.08	0.14	0.09	0.04	0.17	0.10	0.03	0.07	0.12	0.30	0.08	0.06	0.10	0.06
Cr2O3	58.55	57.16	57.24	57.44	56.46	57.16	57.53	56.92	57.41	57.01	59.51	58.59	59.28	59.37	58.28	58.87	58.17	55.76	57.44
Al2O3	10.62	12.77	12.52	12.44	11.75	12.64	12.39	12.73	12.27	12.37	11.15	11.34	10.96	10.55	10.92	11.04	12.69	13.19	12.17
V2O3	0.13	0.04	0.22	0.00	0.03	0.12	0.08	0.13	0.19	0.23	0.15	0.04	0.11	0.10	0.14	0.20	0.06	nd	0.12
Fe2O3	1.83	2.93	2.07	2.03	3.12	1.94	2.17	2.43	1.82	1.30	1.49	2.16	1.81	1.82	1.98	1.60	1.72	1.84	1.83
FeO	17.33	16.29	15.50	16.13	17.24	16.24	16.04	15.83	15.18	15.98	16.14	15.26	16.37	16.18	16.36	17.23	16.72	15.75	16.55
MnO	0.23	0.31	0.26	0.24	0.26	0.19	0.16	0.37	0.22	0.28	0.38	0.24	0.05	0.27	0.23	0.34	0.22	0.17	0.26
MgO	10.39	11.52	11.85	11.50	10.59	11.51	11.75	11.75	11.94	11.38	11.40	11.90	11.37	11.27	10.99	10.61	11.43	11.64	11.14
ZnO	0.15	0.23	0.50	0.15	0.19	0.25	0.09	0.14	0.16	0.21	0.14	0.09	0.09	0.00	0.07	0.27	0.02	nd	0.00
NiO	0.00	0.00	0.00	0.08	0.12	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.11	0.00	0.14	0.09	0.05	0.08	0.04	0.00
Total	99.34	100.67	100.25	100.17	100.03	100.39	100.43	100.50	99.38	99.00	100.57	99.79	100.21	99.92	99.19	100.29	101.29	98.87	99.81
Si	0.010	0.070	0.020	0.040	0.070	0.070	0.020	0.030	0.040	0.020	0.030	0.010	0.030	0.030	0.020	0.000	0.030	0.100	0.070
Ti	0.010	0.030	0.010	0.000	0.000	0.020	0.030	0.020	0.010	0.030	0.020	0.010	0.010	0.020	0.010	0.020	0.010	0.020	0.010
Cr	12.250	11.610	11.680	11.750	11.660	11.640	11.720	11.570	11.790	11.790	12.200	12.050	12.200	12.280	12.140	12.180	11.770	11.450	11.810
Al	3.310	3.870	3.810	3.790	3.620	3.840	3.760	3.860	3.760	3.810	3.410	3.480	3.360	3.250	3.390	3.400	3.830	4.040	3.730
V	0.030	0.010	0.050	0.000	0.010	0.020	0.020	0.030	0.040	0.050	0.030	0.010	0.020	0.020	0.030	0.040	0.010	nd	0.020
Fe3+	0.360	0.370	0.400	0.390	0.610	0.380	0.420	0.470	0.360	0.250	0.290	0.420	0.360	0.360	0.390	0.320	0.330	0.360	0.360
Fe2+	3.840	3.500	3.340	3.490	3.770	3.500	3.460	3.400	3.300	3.500	3.500	3.320	3.560	3.540	3.610	3.770	3.580	3.420	3.600
Mn	0.050	0.070	0.060	0.050	0.060	0.040	0.040	0.080	0.050	0.060	0.080	0.050	0.010	0.060	0.050	0.070	0.050	0.040	0.060
Mg	4.100	4.410	4.560	4.430	4.120	4.420	4.520	4.500	4.620	4.440	4.400	4.610	4.410	4.400	4.320	4.140	4.360	4.510	4.310
Zn	0.030	0.040	0.090	0.030	0.040	0.050	0.020	0.030	0.030	0.040	0.030	0.020	0.020	0.000	0.010	0.050	0.000	nd	0.000
Ni	0.000	0.000	0.000	0.020	0.030	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.000	0.030	0.020	0.010	0.020	0.010	0.000
Total	24.000	23.970	24.010	23.990	23.980	23.970	23.990	23.990	23.980	23.990	23.990	24.000	23.990	23.990	23.990	24.010	23.990	23.960	23.960
FM	49.00	45.00	43.00	44.00	48.00	44.00	44.00	44.00	42.00	45.00	45.00	42.00	45.00	45.00	46.00	48.00	45.00	43.00	46.00

TABLEAU I-5

Spinelles accessoires des dunites d'éponte dans le manteau.

N°d'anal	25A9	74A35	74A37	74A38	19A196	19A197	19A203	19A204	23A219	121A25	121A26	121A31	121A32	121A35	124A144	124A145	124A146	124A147
SiO ₂	0,53	0,08	0,05	0,09	0,13	0,14	0,36	0,23	0,63	0,23	0,32	0,13	0,11	0,19	0,47	0,33	0,35	0,34
TiO ₂	0,11	0,21	0,24	0,20	0,09	0,11	0,08	0,13	0,07	0,10	0,00	0,08	0,16	0,00	0,06	0,02	0,08	0,02
Cr ₂ O ₃	57,98	54,72	54,45	54,35	58,15	58,15	57,17	57,64	54,14	58,65	58,11	57,77	57,42	56,84	56,88	57,08	56,68	56,50
Al ₂ O ₃	10,41	13,39	14,07	14,02	4,40	4,04	4,77	4,59	1,92	10,49	10,84	11,56	11,51	12,10	10,32	10,71	10,53	9,90
Fe ₂ O ₃	3,25	4,92	4,46	4,46	8,08	7,89	7,81	7,77	13,78	2,60	3,25	1,87	2,82	2,78	3,23	2,62	2,63	3,43
FeO	17,73	16,56	16,04	15,73	19,52	19,37	20,50	20,41	15,66	18,03	18,65	20,82	20,83	21,26	20,13	20,53	20,09	20,50
MnO	0,29	0,18	0,16	0,22	0,42	0,45	0,44	0,36	0,26	0,34	0,20	0,27	0,30	0,32	0,32	0,29	0,21	0,21
MgO	10,31	11,87	12,28	12,33	8,63	8,54	7,78	7,99	11,43	10,15	9,94	8,60	8,79	8,45	8,57	8,37	8,55	8,16
CaO	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
NiO	nd	0,00	0,03	0,14	nd	nd	nd	nd	nd	0,09	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,04	0,02
Na ₂ O	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,07	0,06	0,00
K ₂ O	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00
Total	100,61	101,98	101,79	101,54	99,45	98,69	98,96	99,14	97,93	100,71	101,32	101,11	101,98	101,98	100,00	100,01	99,23	99,07
Si	0,138	0,020	0,012	0,024	0,035	0,039	0,099	0,063	0,165	0,059	0,084	0,035	0,028	0,049	0,125	0,087	0,093	0,093
Ti	0,021	0,040	0,046	0,037	0,019	0,022	0,016	0,027	0,014	0,020	0,000	0,015	0,031	0,000	0,011	0,004	0,016	0,003
Cr	11,975	10,959	10,862	10,861	12,447	12,549	12,362	12,438	11,181	12,139	11,954	11,988	11,821	11,691	11,966	12,011	12,005	12,054
Al	3,206	3,996	4,183	4,177	2,579	2,539	2,519	2,500	4,243	3,235	3,324	3,575	3,532	3,710	3,236	3,359	3,326	3,147
Fe ₃ +	0,638	0,938	0,848	0,848	0,897	0,829	0,981	0,943	0,378	0,513	0,636	0,370	0,553	0,545	0,648	0,524	0,531	0,697
Fe ₂ +	3,874	3,508	3,385	3,326	4,421	4,422	4,689	4,660	3,422	3,947	4,057	4,570	4,537	4,626	4,479	4,569	4,500	4,626
Mn	0,065	0,038	0,035	0,048	0,097	0,105	0,101	0,084	0,058	0,076	0,045	0,061	0,066	0,071	0,072	0,066	0,048	0,048
Mg	4,013	4,480	4,618	4,645	3,483	3,475	3,172	3,251	4,450	3,961	3,855	3,366	3,413	3,277	3,397	3,321	3,415	3,281
Ca	0,000	0,007	0,001	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000	0,003	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000
Ni	nd	0,000	0,005	0,029	nd	nd	nd	nd	nd	0,019	0,000	0,000	0,000	0,004	0,001	0,000	0,008	0,004
Na	0,000	0,005	0,000	0,000	0,008	0,000	0,014	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,005	0,000	0,034	0,031	0,000
K	0,000	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,004	0,000	0,008	0,001	0,006	0,001	0,003	0,000
Total	23,930	23,998	23,994	23,994	23,986	23,979	23,959	23,967	23,919	23,975	23,959	23,983	23,989	23,979	23,940	23,978	23,975	23,953
FM	53,28	50,02	48,03	47,61	60,86	60,65	64,53	63,62	46,44	53,39	55,14	59,77	60,17	61,54	60,48	60,83	59,80	62,07

TABLEAU I-5 (SUITE)

Spinelles accessoires des dunités d'éponte dans le manteau.

N° d'anal	258/81	258/88	258/89	258/7	258/91	258/90	258/76	258/77	258/78	258/79	258/86	258/85	258/84	258/82	258/83	16A20	123A50	123A39	123A40
SiO ₂	0,11	0,07	0,05	0,47	0,01	0,05	0,00	0,05	0,03	0,00	0,02	0,12	0,08	0,03	0,06	0,40	0,20	0,09	0,04
TiO ₂	0,02	0,09	0,09	0,07	0,06	0,05	0,08	0,03	0,07	0,10	0,06	0,08	0,01	0,08	0,00	0,14	0,12	0,10	0,14
Cr ₂ O ₃	61,74	62,17	62,73	60,90	61,14	61,43	58,77	60,84	61,03	59,52	61,30	60,28	61,36	60,71	60,90	59,57	58,81	57,68	57,66
Al ₂ O ₃	9,42	9,17	9,11	9,44	9,63	9,71	9,51	9,71	9,26	9,34	9,55	9,47	3,00	3,23	3,48	7,85	9,39	11,03	10,92
V ₂ O ₃	0,06	0,18	0,02	nd	0,06	0,06	0,00	0,15	0,03	0,16	0,17	0,12	0,07	0,08	0,04	0,12	nd	nd	nd
Fe ₂ O ₃	3,75	2,15	2,30	2,29	3,57	2,81	4,47	3,83	3,92	4,47	3,52	3,47	9,48	9,57	9,52	2,43	3,43	2,68	3,15
FeO	12,70	12,92	13,12	12,66	12,10	12,18	11,95	12,80	12,10	11,68	13,07	12,20	12,46	0,16	0,05	19,68	17,35	17,75	17,11
MnO	0,12	0,16	0,31	0,23	0,33	0,29	0,22	0,20	0,41	0,41	0,09	0,31	0,18	0,12	0,13	0,41	0,22	0,36	0,30
MgO	13,87	13,41	13,37	13,30	14,01	13,89	13,72	13,68	13,88	13,92	13,60	13,67	13,69	13,71	13,71	10,74	10,43	10,28	10,78
CaO	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,00	0,00	0,00
ZnO	0,00	0,00	0,00	nd	0,11	0,24	0,13	0,04	0,00	0,03	0,00	0,00	0,19	12,49	12,51	nd	nd	nd	nd
NiO	0,00	0,00	0,03	0,15	0,04	0,07	0,00	0,06	0,05	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,10	0,11	0,21	0,14	0,12
Na ₂ O	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,11	0,03	0,00	0,00
K ₂ O	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,00	0,00	0,00
Total	101,78	100,30	101,13	99,50	101,04	100,78	98,85	101,38	100,79	99,63	101,38	99,75	100,52	100,19	100,52	101,60	100,19	100,11	100,22
Si	0,030	0,020	0,010	0,120	0,000	0,010	0,000	0,010	0,010	0,000	0,010	0,030	0,020	0,010	0,020	0,150	0,054	0,024	0,010
Ti	0,000	0,020	0,020	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,020	0,010	0,010	0,000	0,020	0,000	0,023	0,023	0,020	0,028
Cr	12,410	12,710	12,740	12,490	12,360	12,450	12,150	12,280	12,390	12,210	12,390	12,350	12,490	2,910	2,890	11,149	12,272	11,978	11,932
Al	2,820	2,740	2,760	2,890	2,900	2,930	2,930	2,920	2,800	2,860	2,880	2,890	0,010	0,630	0,670	4,222	2,920	3,413	3,369
V	0,010	0,040	0,000	nd	0,010	0,010	0,000	0,030	0,010	0,030	0,040	0,030	2,870	12,390	12,400	0,017	nd	nd	nd
Fe ₃₊	0,720	0,420	0,440	0,450	0,690	0,540	0,880	0,730	0,760	0,870	0,680	0,680	0,580	nd	nd	0,448	0,681	0,529	0,620
Fe ₂₊	2,700	2,800	2,820	2,750	2,590	2,610	2,610	2,730	2,600	2,530	2,790	2,640	2,680	0,020	0,010	3,109	3,829	3,898	3,745
Mn	0,030	0,030	0,070	0,050	0,070	0,060	0,050	0,040	0,090	0,090	0,020	0,070	0,040	0,030	0,030	0,066	0,049	0,080	0,066
Mg	5,360	5,170	5,120	5,150	5,340	5,310	5,350	5,210	5,320	5,380	5,180	5,280	5,250	5,270	5,260	4,631	4,104	4,022	4,206
Ca	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,009	0,001	0,001	0,001
Zn	0,000	0,000	0,000	nd	0,020	0,050	0,020	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,040	2,700	2,690	nd	nd	nd	nd
Ni	0,000	0,000	0,010	0,030	0,010	0,020	0,000	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,030	0,010	0,016	0,044	0,029	0,025
Na	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,100	0,013	0,001	0,001
K	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,003	0,000	0,001	0,001
Total	23,980	23,990	23,990	23,950	24,000	24,010	24,000	23,990	24,000	24,000	23,990	23,980	24,000	24,000	24,000	23,944	23,991	23,995	24,000
FM	34,00	35,00	36,00	35,00	33,00	34,00	33,00	35,00	34,00	33,00	35,00	34,00	34,00	34,00	34,00		52,63	52,85	51,30

TABLEAU I-5 (SUITE)

Spinelles accessoires des dunites d'éponte dans le manteau.

N° d'anal	115N17	115N18	115N24	115N25	163A38	163A41	163A42	168A94	168A95	170A108	170A109	170A110	71A4	71A5	71A6	124A148	124A143	123A49
SiO2	0.11	0.12	0.05	0.09	0.13	0.20	0.16	0.09	0.12	0.43	0.09	0.08	0.07	0.02	0.06	0.30	0.34	0.22
TiO2	0.14	0.12	0.10	0.09	0.10	0.09	0.09	0.07	0.03	0.11	0.07	0.05	0.15	0.06	0.11	0.04	0.06	0.07
Cr2O3	59.37	59.68	59.34	59.15	58.67	57.99	58.40	55.25	55.31	58.31	58.19	58.10	60.96	60.74	60.46	56.40	56.48	59.04
Al2O3	10.83	10.98	10.41	10.66	8.85	9.21	9.35	13.80	13.92	12.52	12.53	12.32	8.40	8.42	8.34	9.98	10.38	9.61
Fe2O3	2.81	2.92	3.00	2.99	3.58	4.10	3.67	2.97	2.77	2.59	3.13	2.81	3.17	3.73	3.37	3.78	3.11	3.35
FeO	14.35	14.14	14.83	15.01	19.48	17.96	18.13	14.08	13.71	14.46	14.68	14.38	19.09	18.98	19.23	19.97	20.44	16.74
MnO	0.43	0.36	0.21	0.29	0.29	0.13	0.24	0.25	0.23	0.32	0.29	0.28	0.33	0.27	0.19	0.29	0.29	0.41
MgO	12.58	12.89	12.27	12.16	8.97	10.00	9.90	12.89	13.08	12.88	12.85	12.81	9.54	9.64	9.40	8.54	8.30	10.75
CaO	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
NiO	0.00	0.00	0.02	0.01	0.05	0.00	0.10	0.00	0.11	0.12	0.00	0.00	0.00	0.14	0.19	0.00	0.10	0.00
Na2O	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.05	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.02
K2O	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
Total	100.62	101.31	100.26	100.49	100.11	99.70	100.09	99.40	99.34	101.77	101.85	100.86	101.71	102.00	101.42	99.32	99.49	100.24
Si	0.028	0.031	0.013	0.023	0.034	0.054	0.041	0.024	0.030	0.109	0.023	0.021	0.018	0.006	0.016	0.080	0.090	0.057
Ti	0.027	0.023	0.020	0.018	0.021	0.018	0.019	0.013	0.006	0.020	0.014	0.009	0.029	0.012	0.022	0.009	0.012	0.015
Cr	12.086	12.045	12.173	12.102	12.409	12.199	12.248	11.204	11.202	11.623	11.622	11.714	12.687	12.612	12.641	11.974	11.968	12.269
Al	3.287	3.304	3.183	3.251	2.789	2.886	2.923	4.173	4.203	3.719	3.731	3.704	2.607	2.605	2.600	3.160	3.277	2.977
Fe3+	0.544	0.562	0.585	0.582	0.720	0.821	0.733	0.574	0.534	0.491	0.594	0.539	0.629	0.738	0.670	0.764	0.628	0.662
Fe2+	3.090	3.018	3.218	3.248	4.358	3.995	4.021	3.020	2.938	3.048	3.102	3.067	4.203	4.168	4.253	4.484	4.581	3.679
Mn	0.094	0.079	0.047	0.065	0.065	0.030	0.054	0.055	0.050	0.069	0.062	0.059	0.075	0.061	0.043	0.065	0.065	0.091
Mg	4.829	4.904	4.746	4.692	3.578	3.964	3.914	4.926	4.993	4.840	4.838	4.869	3.743	3.772	3.704	3.417	3.315	4.213
Ca	0.000	0.008	0.000	0.005	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000	0.008	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.005
Ni	0.001	0.000	0.005	0.002	0.011	0.000	0.021	0.000	0.024	0.025	0.000	0.000	0.000	0.030	0.040	0.001	0.022	0.000
Na	0.002	0.029	0.000	0.000	0.000	0.013	0.008	0.000	0.027	0.005	0.005	0.010	0.000	0.000	0.017	0.012	0.001	0.012
K	0.000	0.001	0.009	0.004	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000	0.001	0.000
Total	23.986	24.004	23.999	23.991	23.984	23.980	23.990	23.988	24.006	23.956	23.991	23.995	23.990	24.003	24.018	23.966	23.959	23.979
FM	43.56	42.73	44.79	45.36	58.97	55.01	55.13	42.55	41.36	42.7	43.72	42.95	56.72	56.83	57.28	60.86	61.40	51.27

TABLEAU I-6

Spinelles accessoires des harzburgites mantelliques

N°d'anal	16/35	21/107	102A33	102A34	102A35	164A51	164A52	164A53	165A58	165A59	167A88	167A89	167A90	171A118	171A119	171A120	172A127	172A128	172A129
SiO ₂	0,09	0,30	0,14	0,13	0,23	0,11	0,08	0,15	0,06	0,08	0,02	0,03	0,09	0,11	0,09	0,11	0,09	0,10	0,07
TiO ₂	0,03	0,15	0,00	0,00	0,00	0,04	0,08	0,04	0,16	0,14	0,06	0,00	0,01	0,05	0,04	0,03	0,10	0,11	0,14
Cr ₂ O ₃	51,37	52,91	58,50	58,60	58,53	42,13	41,15	41,61	60,23	60,18	53,49	52,30	52,78	52,00	51,51	51,47	40,81	42,12	41,93
Al ₂ O ₃	16,64	8,52	8,05	8,17	8,05	28,19	28,63	28,09	10,38	10,02	16,98	17,79	16,62	18,55	18,46	18,75	28,16	27,27	27,95
Fe ₂ O ₃	1,42	8,28	3,66	2,79	3,11	0,84	1,35	1,51	1,80	2,09	1,29	1,33	1,68	1,37	1,17	1,97	0,96	1,81	1,49
FeO	18,29	24,84	24,33	23,68	24,12	15,92	15,43	14,96	17,83	17,76	16,17	16,01	16,51	15,98	16,11	16,13	13,63	13,88	13,96
MnO	0,27	0,37	0,63	0,57	0,62	0,11	0,15	0,20	0,42	0,26	0,31	0,29	0,32	0,25	0,21	0,25	0,14	0,21	0,32
MgO	10,18	5,50	5,61	5,86	5,60	13,58	13,91	14,06	10,45	10,48	12,04	12,09	11,56	12,42	12,13	12,40	14,57	14,61	14,67
CaO	nd	0,03	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00
NiO	0,03	0,08	nd	nd	nd	0,02	0,00	0,00	0,05	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na ₂ O	nd	0,00	0,00	0,02	0,00	0,04	0,00	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,04
K ₂ O	nd	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Total	98,33	100,97	100,93	99,86	100,27	100,98	100,78	100,69	101,38	101,20	100,36	99,85	99,65	100,73	99,79	101,13	98,49	100,11	100,55
Si	0,020	0,081	0,0374	0,0347	0,0634	0,025	0,019	0,036	0,015	0,021	0,005	0,009	0,023	0,027	0,022	0,028	0,022	0,025	0,016
Ti	0,010	0,031	0,000	0,000	0,000	0,008	0,014	0,007	0,031	0,028	0,012	0,000	0,003	0,010	0,008	0,005	0,018	0,019	0,024
Cr	10,570	11,408	12,620	12,734	12,692	7,912	7,713	7,811	12,384	12,412	10,676	10,442	10,643	10,247	10,255	10,104	7,771	7,945	7,857
Al	5,100	2,737	2,590	2,647	2,601	7,890	7,999	7,861	3,180	3,082	5,050	5,295	4,996	5,450	5,479	5,487	7,994	7,667	7,807
Fe ³⁺	0,280	1,699	0,752	0,577	0,642	0,150	0,241	0,270	0,352	0,410	0,244	0,253	0,323	0,257	0,221	0,368	0,173	0,325	0,266
Fe ²⁺	3,980	5,664	5,552	5,443	5,533	3,162	3,059	2,970	3,877	3,874	3,414	3,382	3,522	3,330	3,393	3,350	2,746	2,769	2,768
Mn	0,060	0,086	0,146	0,134	0,145	0,022	0,029	0,040	0,093	0,058	0,065	0,062	0,069	0,053	0,046	0,052	0,028	0,043	0,064
Mg	3,950	2,234	2,283	2,403	2,289	4,807	4,916	4,975	4,050	4,075	4,529	4,551	4,395	4,613	4,554	4,587	5,231	5,194	5,182
Ca	nd	0,008	0,000	0,003	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,003	0,000	0,000	0,000	0,014	0,000	0,000	0,000	0,000
Ni	0,010	0,018	nd	nd	nd	0,005	0,000	0,000	0,010	0,036	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Na	nd	0,000	0,000	0,012	0,000	0,017	0,000	0,028	0,003	0,000	0,000	0,000	0,036	0,000	0,000	0,012	0,008	0,000	0,018
K	nd	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000
Total	23,990	23,965	23,980	23,995	23,968	23,997	23,989	23,998	23,998	23,997	23,997	23,994	24,010	23,985	23,991	23,992	23,995	23,986	24,002
FM	51,00	76,93	73,86	71,92	73,41	40,95	40,37	39,74	51,62	51,59	45,12	44,82	47,11	44,1	44,56	45,11	36,04	37,65	37,41

TABLEAU I-6 (SUITE)

Spinelles accessoires des harzburgites mantelliques

N°d'anal	9N149	18A169	22A209	21A186	259/131	264/17	264/19	270/31	270/33	276/39	75A41	75A42	20/81	20/82	20/83	27/89	27/90	21/102	21/103
SiO2	0,51	0,65	0,5	0,41	0,26	0,23	0,39	0,29	0,25	0,33	0,15	0,07	0,22	0,14	0,14	0,33	0,13	0,29	0,30
TiO2	0,01	0,01	0,06	0,07	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,07	0,01	0,00	0,00	0,05
Cr2O3	48,06	50,89	52,62	54,02	38,69	40,56	40,90	42,43	42,55	50,31	46,10	45,82	53,24	53,50	53,23	48,57	47,90	53,24	51,89
Al2O3	19,75	16,53	13,48	12,97	29,77	29,31	29,44	26,41	27,64	19,89	24,04	23,55	15,84	15,58	15,77	20,20	20,55	15,58	16,53
Fe2O3	2,34	2,55	2,64	2,75	2,72	0,75	0,84	1,23	0,85	0,34	2,04	2,33	1,55	2,29	1,51	2,79	2,96	1,54	2,02
FeO	16,63	17,94	19,48	20,02	12,22	14,01	13,92	13,70	14,71	15,85	16,51	16,19	19,34	18,23	18,49	18,22	18,64	20,26	19,37
MnO	0,20	0,24	0,34	0,35	0,27	0,17	0,29	0,28	0,24	0,26	0,25	0,32	0,22	0,36	0,34	0,05	0,38	0,29	0,34
MgO	11,71	10,48	8,89	8,78	15,70	14,57	14,74	14,19	14,04	12,25	12,84	12,79	9,83	10,50	10,23	11,33	10,90	9,14	9,80
CaO	0,00	0,00	0,00	0,02	nd	0,02	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00
NiO	nd	nd	nd	nd	0,00	0,08	0,07	0,02	0,01	0,00	0,02	0,06	0,08	0,25	0,00	0,00	0,01	0,00	0,05
Na2O	0,00	0,02	0,00	0,02	nd	0,04	0,05	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,03	0,01	0,08	0,05	0,00	0,00	0,00
K2O	0,05	0,00	0,00	0,00	nd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	99,26	99,31	98,03	99,41	99,63	99,73	100,64	98,63	100,27	99,26	101,95	101,18	100,46	100,86	99,86	101,56	101,47	100,36	100,35
Si	0,13	0,17	0,13	0,109	0,060	0,054	0,091	0,071	0,059	0,084	0,036	0,016	0,058	0,036	0,037	0,080	0,032	0,076	0,076
Ti	0,0016	0,0013	0,0127	0,013	0,000	0,000	0,002	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,013	0,002	0,000	0,000	0,010
Cr	9,562	10,331	11,079	11,277	7,200	7,606	7,595	8,137	8,022	9,972	8,772	8,802	10,813	10,804	10,844	9,499	9,401	10,876	10,515
Al	5,859	5,004	4,230	4,037	8,260	8,192	8,149	7,549	7,766	5,877	6,820	6,744	4,797	4,691	4,789	5,888	6,012	4,746	4,992
Fe3+	0,444	0,492	0,530	0,546	0,480	0,133	0,149	0,224	0,152	0,064	0,369	0,427	0,300	0,441	0,292	0,518	0,553	0,300	0,390
Fe2+	3,499	3,853	4,338	4,420	2,410	2,779	2,734	2,778	2,933	3,323	3,324	3,289	4,156	3,895	3,986	3,769	3,870	4,378	4,151
Mn	0,043	0,053	0,078	0,079	0,050	0,034	0,058	0,058	0,048	0,055	0,051	0,066	0,047	0,077	0,074	0,011	0,081	0,063	0,073
Mg	4,393	4,010	3,530	3,457	5,510	5,152	5,158	5,128	4,990	4,578	4,606	4,631	3,764	3,997	3,929	4,177	4,033	3,520	3,745
Ca	0,000	0,000	0,000	0,004	nd	0,005	0,000	0,014	0,000	0,000	0,000	0,000	0,013	0,000	0,000	0,007	0,000	0,004	0,001
Ni	nd	nd	nd	nd	0,000	0,015	0,013	0,005	0,001	0,000	0,003	0,011	0,016	0,051	0,000	0,000	0,001	0,000	0,011
Na	0,000	0,009	0,001	0,009	nd	0,020	0,022	0,000	0,000	0,005	0,000	0,014	0,015	0,007	0,041	0,022	0,001	0,000	0,000
K	0,015	0,000	0,001	0,000	nd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,006	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Total	23,944	23,921	23,933	23,951	23,970	23,989	23,969	23,968	23,969	23,964	23,981	24,005	23,992	23,997	24,006	23,974	23,983	23,962	23,964
FM	47,57	52,31	58,35	59,34	31,00	36,38	36,31	37,37	38,56	42,92	44,84	44,96	54,47	52,47	52,55	50,72	52,75	57,39	55,20

Spinelles accessoires des harzburgites mantelliques

TABLEAU I-6 (SUITE)

N°d'anal	176/77	176/82	177/94	177/100	173/15	122A24	273/84	273/86	265/71	262/80	262/82	10/87	10/88	16/119	173/14	IN119	11N142	259/117	259/118
SiO2	0,06	0,11	0,27	0,24	0,26	0,07	0,16	0,04	0,23	0,32	0,25	0,04	0,03	0,08	0,28	0,58	0,56	0,27	0,27
TiO2	0,05	0,08	0,01	0,01	0,00	0,05	0,04	0,05	0,02	0,00	0,06	0,04	0,03	0,00	0,04	0,00	0,10	0,00	0,01
Cr2O3	38,01	37,52	39,88	41,62	35,75	56,21	45,41	45,75	38,28	46,37	46,80	56,13	56,31	53,02	37,34	48,16	45,11	40,19	40,57
Al2O3	29,73	29,93	26,42	24,39	30,95	12,74	22,41	21,56	31,88	23,78	23,28	13,31	13,39	16,17	29,43	18,97	21,42	29,92	29,70
Fe2O3	2,96	3,43	3,21	4,16	3,61	3,56	1,77	1,76	0,52	1,93	2,08	2,53	2,12	2,84	3,77	3,02	2,98	2,37	2,09
FeO	13,98	14,25	15,40	17,11	13,03	18,91	14,28	14,21	13,09	14,21	14,37	17,92	18,29	17,64	13,96	15,47	17,73	12,42	12,50
MnO	0,27	0,06	0,12	0,32	0,14	0,32	0,12	0,27	0,18	0,29	0,25	0,50	0,26	0,23	0,14	0,26	0,46	0,23	0,08
MgO	14,63	14,70	13,14	11,95	15,24	10,11	13,80	13,81	15,47	14,04	14,00	10,49	10,38	11,14	14,61	12,20	11,08	15,98	15,98
CaO	0,00	0,00	0,04	0,03	nd	0,01	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	nd	nd	0,07	0,00	nd	nd
NaO	0,09	0,13	0,01	0,00	0,32	0,00	0,00	0,14	0,11	0,12	0,16	0,00	0,00	0,14	0,24	nd	nd	0,15	0,16
Na2O	0,05	0,01	0,04	0,03	nd	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	nd	nd	0,02	0,00	nd	nd
K2O	0,00	0,00	0,01	0,01	nd	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	nd	nd	0,03	0,02	nd	nd
Total	99,82	100,22	98,55	99,87	99,31	101,98	98,03	98,02	99,78	101,06	101,26	100,97	100,82	101,27	99,80	98,78	99,46	101,54	101,37
Si	0,015	0,026	0,066	0,058	0,100	0,018	0,495	0,136	0,053	0,077	0,061	0,011	0,007	0,020	0,100	0,15	0,14	0,060	0,060
Ti	0,008	0,014	0,002	0,002	0,000	0,010	0,005	0,007	0,004	0,000	0,011	0,008	0,006	0,000	0,010	0	0,0192	0,000	0,000
Cr	7,123	6,999	7,711	8,091	6,640	11,418	6,679	7,177	7,065	8,913	8,913	11,439	11,494	10,590	6,990	9,617	8,934	7,330	7,420
Al	8,303	8,323	7,615	7,068	8,570	3,854	9,790	9,714	8,770	6,742	6,609	4,043	4,074	4,810	8,210	5,648	6,323	8,140	8,100
Fe3+	0,528	0,610	0,591	0,770	0,640	0,688	0,264	0,266	0,092	0,349	0,378	0,491	0,411	0,540	0,670	0,573	0,561	0,410	0,360
Fe2+	2,770	2,812	3,149	3,519	2,560	4,060	1,834	1,847	2,555	2,860	2,895	3,864	3,948	3,730	2,760	3,268	3,715	2,400	2,420
Mn	0,055	0,013	0,025	0,067	0,030	0,069	0,016	0,037	0,036	0,060	0,052	0,109	0,058	0,050	0,030	0,057	0,098	0,050	0,020
Mg	5,168	5,169	4,789	4,382	5,330	3,870	4,838	4,812	5,381	5,036	5,026	4,029	3,995	4,190	5,150	4,595	4,135	5,500	5,510
Ca	0,000	0,000	0,011	0,007	nd	0,004	0,000	0,011	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	nd	nd	0,019	0,000	nd	nd
Ni	0,017	0,024	0,002	0,000	0,060	0,000	0,000	0,016	0,020	0,022	0,030	0,000	0,000	0,030	0,050	nd	nd	0,030	0,030
Na	0,021	0,006	0,019	0,014	nd	0,000	0,026	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,005	nd	nd	0,011	0,000	nd	nd
K	0,000	0,000	0,003	0,003	nd	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	nd	nd	0,008	0,005	nd	nd
Total	24,009	23,996	23,982	23,982	23,960	23,993	23,972	24,045	23,977	23,966	23,980	23,993	23,998	23,990	23,980	23,942	23,931	23,970	23,980
FM	39,35	39,92	44,01	49,85		55,45			33,27	39,36	39,81	52,56	52,50	47,00		45,90	51,40	31,00	31,00

TABLEAU I-6 (SUITE)

Spinelles accessoires des harzburgites mantelliques

N°d'anal	276/41	278/49	265/69	265/70	140/12	140/13	140/14	142/32	142/33	142/34	161/46	161/47	163/52	163/53	166/63	166/64	166/65	171/66	171/67
SiO ₂	0,49	0,45	0,16	0,17	0,21	0,15	0,21	0,29	0,26	0,17	0,30	0,21	0,32	0,40	0,30	0,22	0,22	0,19	0,14
TiO ₂	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,05	0,01	0,00	0,03	0,00	0,07	0,03	0,01	0,07	0,02	0,00	0,00	0,05	0,06
Cr ₂ O ₃	49,63	46,29	38,70	38,38	55,41	55,71	55,81	53,62	54,28	53,75	37,79	38,03	41,85	42,54	42,12	41,82	41,64	36,41	37,15
Al ₂ O ₃	19,77	23,21	31,37	31,83	11,74	11,65	11,67	11,89	12,06	12,17	29,04	29,74	24,22	24,70	25,28	25,43	25,90	30,13	30,29
Fe ₂ O ₃	0,24	0,89	0,88	0,32	4,01	4,11	4,11	4,60	4,25	4,38	3,80	3,46	4,02	2,72	3,27	3,41	3,60	2,77	2,10
FeO	16,12	15,30	13,68	13,72	18,88	18,43	18,90	17,31	17,58	17,63	14,00	14,01	16,68	17,30	15,41	15,28	15,50	14,63	14,56
MnO	0,29	0,23	0,36	0,29	0,31	0,42	0,35	0,27	0,34	0,32	0,33	0,17	0,16	0,25	0,15	0,04	0,19	0,11	0,09
MgO	11,83	12,98	15,01	15,00	9,58	9,89	9,66	10,22	10,21	10,10	14,50	14,79	12,25	11,95	13,28	13,41	13,39	14,05	14,20
CaO	0,00	0,04	0,00	0,03	0,00	0,00	0,01	0,08	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,02	0,03	0,01	0,05
NiO	0,00	0,05	0,19	0,16	0,08	0,08	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,17	0,03	0,08	0,03	0,07
Na ₂ O	0,02	0,00	0,02	0,02	0,00	0,03	0,04	0,00	0,00	0,05	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,02	0,02
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,02
Total	98,38	99,47	100,36	99,95	100,22	100,52	100,90	98,28	99,03	98,58	99,85	100,54	99,52	99,95	100,02	99,66	100,60	98,45	98,77
Si	0,124	0,111	0,037	0,041	0,056	0,040	0,054	0,078	0,068	0,044	0,072	0,049	0,079	0,098	0,072	0,054	0,052	0,047	0,034
Ti	0,000	0,004	0,000	0,002	0,000	0,010	0,001	0,000	0,006	0,000	0,013	0,006	0,002	0,013	0,004	0,000	0,000	0,009	0,011
Cr	9,931	8,987	7,149	7,099	11,507	11,527	11,522	11,265	11,323	11,269	7,094	7,073	8,145	8,240	8,078	8,034	7,928	6,905	7,018
Al	5,896	6,718	8,639	8,777	3,635	3,592	3,592	3,725	3,750	3,804	8,126	8,245	7,026	7,132	7,227	7,283	7,349	8,519	8,529
Fe ₃ +	0,046	0,164	0,155	0,056	0,793	0,809	0,808	0,921	0,845	0,873	0,680	0,612	0,745	0,501	0,598	0,623	0,652	0,500	0,378
Fe ₂ +	3,412	3,143	2,674	2,684	4,147	4,033	4,127	3,847	3,879	3,911	2,779	2,757	3,435	3,546	3,126	3,104	3,122	2,935	2,910
Mn	0,062	0,048	0,070	0,057	0,068	0,094	0,077	0,061	0,075	0,072	0,065	0,035	0,034	0,051	0,032	0,008	0,039	0,023	0,018
Mg	4,462	4,752	5,227	5,229	3,752	3,857	3,760	4,048	4,017	3,991	5,131	5,185	4,493	4,366	4,801	4,857	4,804	5,022	5,058
Ca	0,000	0,010	0,000	0,006	0,000	0,001	0,002	0,022	0,000	0,005	0,000	0,000	0,002	0,004	0,000	0,004	0,009	0,002	0,014
Ni	0,000	0,010	0,036	0,031	0,017	0,017	0,030	0,000	0,001	0,000	0,000	0,016	0,000	0,000	0,034	0,007	0,015	0,005	0,014
Na	0,011	0,000	0,007	0,008	0,000	0,015	0,021	0,000	0,000	0,024	0,006	0,003	0,000	0,001	0,000	0,000	0,025	0,011	0,009
K	0,000	0,000	0,000	0,010	0,001	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,014	0,006
Total	23,943	23,948	23,994	23,999	23,975	23,993	23,993	23,965	23,966	23,993	23,966	23,979	23,960	23,952	23,971	23,974	23,994	23,993	23,998
FM	44,10	41,38	35,68	34,85	57,17	56,13	57,13	54,39	54,44	54,89	40,71	39,63	48,39	48,42	43,89	43,47	44,24	40,78	39,52

TABLEAU I-7

Spinelles accessoires des dunites et (*) des harzburgites cumulatives.

N°d'anal	4/9	4/11	4/12	4/13	4/17	4/22	106A183	107A123	107A124	107A125	109A155*	109A156*	14/11*	14/12*	15/27*	15/28*	7/108*	7/109*	7/110*	110A133*	110A134*
SiO ₂	0,13	0,00	0,00	0,02	0,00	0,09	0,07	0,04	0,10	0,09	0,03	0,03	0,01	0,00	0,24	0,32	0,25	0,21	0,18	0,28	0,39
TiO ₂	0,11	0,12	0,24	0,01	0,00	0,03	0,08	0,15	0,16	0,15	0,31	0,37	0,00	0,00	0,10	0,11	0,04	0,00	0,07	0,60	0,51
Cr ₂ O ₃	57,26	57,47	59,95	58,84	57,19	56,44	56,10	61,58	61,08	60,63	50,33	48,55	39,42	39,17	25,06	24,11	56,69	55,60	56,40	45,19	45,75
Al ₂ O ₃	7,59	7,43	7,08	7,35	7,90	7,53	10,70	10,20	10,32	10,30	15,99	17,27	29,61	29,50	40,62	42,61	10,61	10,96	10,97	18,44	17,57
Fe ₂ O ₃	5,68	6,10	5,44	6,13	7,46	7,03	5,15	2,61	2,53	2,90	4,94	5,25	3,00	3,35	3,90	2,88	5,07	5,54	4,95	6,00	5,91
FeO	17,46	17,07	17,49	17,71	17,22	17,00	20,56	12,59	12,98	13,14	19,98	19,49	14,37	14,32	14,26	15,15	18,02	18,27	18,28	18,94	18,66
MnO	0,15	0,17	0,36	0,13	0,59	0,26	0,29	0,26	0,13	0,19	0,29	0,45	0,19	0,31	0,17	0,09	0,35	0,32	0,42	0,08	0,51
MgO	9,85	10,16	10,30	10,06	10,18	10,06	8,79	13,96	13,72	13,55	9,86	10,22	14,75	14,69	15,70	15,52	10,23	10,05	10,11	10,72	10,33
CaO	0,04	0,01	0,00	0,03	0,02	0,00	0,07	0,00	0,01	0,04	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,01	0,04	0,03
NiO	0,00	0,00	0,11	0,04	0,00	0,20	0,00	0,00	0,02	0,17	0,07	0,00	0,03	0,24	0,11	0,30	0,08	0,06	0,00	0,02	0,05
Na ₂ O	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,05	0,00	0,04	0,00	0,03	0,04	0,00	0,00	0,00	0,02	0,04
K ₂ O	0,00	0,01	0,05	0,00	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Total	98,29	98,57	101,02	100,32	100,59	98,67	101,83	101,40	101,05	101,18	101,86	101,63	101,45	101,60	100,17	101,14	101,34	101,03	101,39	100,31	99,76
Si	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,020	0,010	0,025	0,022	0,007	0,008	0,004	0,000	0,054	0,072	0,064	0,055	0,046	0,070	0,100
Ti	0,020	0,020	0,050	0,000	0,000	0,010	0,015	0,029	0,030	0,029	0,060	0,070	0,000	0,000	0,017	0,018	0,008	0,000	0,013	0,113	0,098
Cr	12,310	12,320	12,580	12,430	12,030	12,100	11,621	12,376	12,320	12,238	10,120	9,705	7,291	7,248	4,460	4,231	11,666	11,474	11,595	9,047	9,254
Al	2,430	2,370	2,210	2,320	2,480	2,410	3,305	2,677	2,769	2,806	4,791	5,147	8,165	8,138	10,778	11,148	3,254	3,373	3,363	5,502	5,297
Fe ₃ +	1,160	1,240	1,090	1,230	1,490	1,430	1,016	0,500	0,486	0,557	0,945	0,999	0,529	0,590	0,660	0,481	0,993	1,089	0,968	1,144	1,138
Fe ₂ +	3,970	3,870	3,880	3,960	3,830	3,860	4,504	0,056	0,029	0,042	4,249	4,121	2,811	2,804	2,684	2,813	3,923	3,988	3,976	4,011	3,992
Mn	0,040	0,040	0,080	0,030	0,130	0,060	0,065	3,056	3,103	3,100	0,062	0,095	0,038	0,061	0,032	0,017	0,078	0,071	0,093	0,017	0,111
Mg	3,990	4,110	4,080	4,000	4,030	4,070	3,431	5,290	5,218	5,157	3,737	3,850	5,144	5,123	5,267	5,135	3,970	3,910	3,920	4,045	3,938
Ca	0,010	0,003	0,000	0,009	0,013	0,002	0,015	0,000	0,003	0,011	0,006	0,000	0,006	0,000	0,000	0,004	0,000	0,004	0,002	0,011	0,010
Ni	0,001	0,000	0,020	0,010	0,000	0,040	0,000	0,000	0,003	0,035	0,015	0,000	0,006	0,046	0,020	0,053	0,016	0,014	0,000	0,004	0,010
Na	0,000	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,025	0,000	0,019	0,001	0,013	0,017	0,000	0,000	0,000	0,010	0,019
K	0,000	0,000	0,020	0,000	0,010	0,000	0,004	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000
Total	23,990	24,020	24,020	24,000	24,010	24,000	23,995	23,996	23,988	24,004	24,016	23,995	24,012	24,012	23,985	23,988	23,971	23,976	23,978	23,974	23,966
FM	50,00	49,00	49,00	50,00	50,00	50,00	61,95	37,93	38,63	39,77	58,44	57,53	39,64	40,28	39,07	39,20	55,71	56,83	56,23	56,11	57,10

TABLEAU I-8

Spinelles accessoires des werhlites et lherzolites (*) cumulatives

N°d'anal	14M183	14M184	14M187	14M188	14M189	2M100	113A171	113A172	115A191	115A192	115A193	12M35	12M36	6M41	6M42	6M47	6M51	9M52*	9M53*	9M66*
SiO ₂	0,08	0,09	0,12	0,14	0,12	0,62	0,06	0,13	0,13	0,12	0,09	0,40	0,35	0,07	0,06	0,09	0,02	0,04	0,02	0,05
TiO ₂	0,09	0,08	0,03	0,01	0,00	0,16	0,16	0,24	0,16	0,09	0,11	0,02	0,00	0,10	0,13	0,07	0,09	0,35	0,36	0,46
Cr ₂ O ₃	27,88	28,13	32,15	33,06	27,24	49,45	32,52	31,06	43,48	43,41	43,17	41,71	42,05	46,56	46,74	45,25	44,44	37,29	37,01	34,59
Al ₂ O ₃	29,88	30,55	26,43	25,35	34,11	16,99	23,51	23,10	19,79	19,69	20,19	25,13	24,98	18,89	18,75	20,32	20,73	22,65	23,47	24,68
V ₂ O ₃	0,41	0,19	0,45	0,14	0,16	0,26	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fe ₂ O ₃	9,63	9,97	8,53	9,04	6,72	2,72	11,18	14,03	8,27	8,90	7,31	3,80	3,78	5,27	5,76	5,15	5,91	9,64	9,29	10,06
FeO	20,37	20,34	21,33	22,28	19,55	20,00	22,71	22,27	19,64	19,54	20,31	17,10	16,96	17,42	17,87	16,24	16,99	21,16	19,65	22,73
MnO	0,27	0,37	0,36	0,36	0,33	0,18	0,33	0,63	0,30	0,42	0,18	0,49	0,16	0,17	0,15	0,30	0,31	0,37	0,25	0,41
MgO	10,14	10,26	8,98	8,37	11,25	9,35	7,97	8,30	10,41	10,43	9,89	12,10	12,37	11,38	11,29	12,12	11,86	9,54	10,63	8,95
CaO	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,11	0,14	0,11	0,13	0,12	0,20	0,21	0,00	0,02	0,02	0,03	0,00	0,00	0,05
ZnO	0,32	0,30	0,27	0,48	0,41	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
NiO	0,00	0,13	0,00	0,12	0,02	0,01	0,03	0,01	0,00	0,00	0,08	0,11	0,08	0,22	0,12	0,00	0,27	0,00	0,10	0,00
Na ₂ O	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,01	0,00	0,04	0,04	0,01	0,09	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,01	0,00
K ₂ O	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00
Total	99,07	99,41	98,65	99,35	99,94	99,73	98,60	99,91	102,29	102,76	101,50	101,07	101,04	100,08	100,89	99,55	100,69	101,08	100,78	101,98
Si	0,020	0,020	0,030	0,030	0,030	0,160	0,017	0,033	0,033	0,030	0,022	0,096	0,086	0,018	0,014	0,023	0,005	0,011	0,005	0,012
Ti	0,020	0,010	0,010	0,000	0,000	0,030	0,030	0,045	0,029	0,016	0,020	0,003	0,000	0,019	0,025	0,013	0,018	0,065	0,066	0,086
Cr	5,420	5,430	6,400	6,610	5,130	10,050	6,612	6,246	8,547	8,506	8,560	7,990	8,050	9,297	9,281	8,972	8,741	7,370	7,257	6,754
Al	8,660	8,800	7,850	7,550	9,570	5,140	7,124	6,923	5,799	5,751	5,966	7,175	7,129	5,622	5,551	6,005	6,077	6,672	6,860	7,185
V	0,080	0,040	0,090	0,030	0,030	0,050	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fe ₃₊	1,780	1,650	1,620	1,720	1,200	0,530	2,164	2,685	1,548	1,660	1,380	0,693	0,688	1,002	1,089	0,972	1,106	1,813	1,733	1,869
Fe ₂₊	4,190	4,160	4,490	4,710	3,890	4,300	4,884	4,736	4,083	4,049	4,259	3,465	3,435	3,679	3,754	3,405	3,535	4,424	4,076	4,696
Mn	0,060	0,080	0,080	0,080	0,070	0,040	0,071	0,135	0,063	0,088	0,038	0,101	0,032	0,037	0,031	0,063	0,065	0,079	0,052	0,086
Mg	3,720	3,740	3,370	3,160	3,990	3,580	3,056	3,147	3,859	3,854	3,696	4,369	4,466	4,283	4,225	4,531	4,397	3,555	3,930	3,294
Ca	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,030	0,039	0,028	0,034	0,033	0,052	0,054	0,000	0,004	0,005	0,007	0,000	0,000	0,012
Zn	0,060	0,050	0,050	0,090	0,070	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Ni	0,000	0,020	0,000	0,030	0,000	0,000	0,006	0,002	0,000	0,000	0,015	0,021	0,016	0,044	0,025	0,000	0,054	0,000	0,020	0,000
Na	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,017	0,003	0,000	0,018	0,020	0,003	0,042	0,000	0,000	0,000	0,021	0,000	0,004	0,000
K	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,003	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011	0,000	0,000
Total	23,990	24,000	23,980	24,010	24,000	23,880	24,010	23,994	23,989	24,003	24,019	23,973	24,002	24,001	23,999	23,988	24,024	24,000	24,003	23,996
FM	53,00	53,00	58,00	60,00	50,00	69,96	70,60	59,60	60,07	60,57	49,36	48,19	52,42	53,57	49,49	51,69	63,98	59,86	66,88	

TABLEAU I-9 Spinelles accessoire des pyroxénites et (*) des anorthosites filoniennes dans le manteau.

N° d'anal	157/100	157/101	157/102	157/93	157/94	157/96	157/97	157/98	157/99	157/18	78A55	78A56	78A57	217/48°	217/49°	217/50°
SiO ₂	0,07	0,08	0,04	0,06	0,07	0,09	0,05	0,04	0,03	0,36	0,11	0,07	0,12	0,02	0,02	0,04
TiO ₂	0,18	0,17	0,11	0,15	0,06	0,18	0,11	0,18	0,11	0,10	0,13	0,09	0,12	0,22	0,21	0,24
Cr ₂ O ₃	53,47	53,43	53,77	55,04	55,93	54,07	55,13	54,06	54,99	53,42	59,12	59,56	58,57	56,19	54,65	53,27
Al ₂ O ₃	9,23	9,25	9,21	9,27	9,17	8,87	9,09	9,27	8,95	9,68	8,87	8,74	8,79	15,47	17,04	17,71
V ₂ O ₃	0,35	0,41	0,48	0,32	0,38	0,26	0,53	0,37	0,41	nd	4,36	3,85	3,66	nd	nd	nd
Fe ₂ O ₃	7,01	7,11	7,32	5,66	6,15	6,60	7,03	6,99	7,11	6,46	nd	nd	nd	1,83	1,86	2,11
FeO	19,45	19,45	19,31	19,60	19,59	19,42	19,18	19,82	19,56	19,50	18,92	18,29	21,41	13,56	13,04	12,57
MnO	0,31	0,34	0,42	0,23	0,28	0,22	0,30	0,31	0,29	0,32	0,42	0,18	0,32	0,05	0,08	0,15
MgO	8,69	8,69	8,79	8,72	8,92	8,67	9,17	8,65	8,89	8,60	9,57	9,96	7,86	14,08	14,54	14,76
CaO	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00	0,04
ZnO	0,00	0,26	0,07	0,03	0,19	0,05	0,00	0,13	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
NiO	0,02	0,06	0,17	0,18	0,00	0,10	0,00	0,07	0,00	0,17	0,04	0,00	0,01	nd	nd	nd
Na ₂ O	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00
K ₂ O	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00
Total	98,78	99,26	99,70	99,26	100,74	98,51	100,58	99,89	100,36	98,62	101,58	100,74	100,94	101,42	101,46	100,87
Si	0,020	0,020	0,010	0,020	0,020	0,020	0,010	0,010	0,010	0,100	0,029	0,019	0,033	0,004	0,004	0,009
Ti	0,040	0,030	0,020	0,030	0,010	0,040	0,020	0,040	0,020	0,020	0,026	0,019	0,025	0,042	0,038	0,044
Cr	11,470	11,410	11,440	11,750	11,770	11,650	11,600	11,480	11,630	11,440	12,295	12,452	12,395	11,038	10,633	10,369
Al	2,950	2,950	2,920	2,950	2,880	2,850	2,850	2,940	2,820	3,090	2,751	2,725	2,773	4,531	4,941	5,139
V	0,080	0,090	0,100	0,070	0,080	0,060	0,110	0,080	0,090	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fe ₃ +	1,430	1,450	1,480	1,150	1,230	1,350	1,410	1,410	1,430	1,310	0,864	0,766	0,737	0,342	0,344	0,390
Fe ₂ +	4,410	4,390	4,350	4,420	4,360	4,420	4,270	4,460	4,380	4,420	4,163	4,044	4,794	2,817	2,684	2,587
Mn	0,070	0,080	0,100	0,050	0,060	0,050	0,070	0,070	0,070	0,070	0,094	0,040	0,072	0,010	0,017	0,032
Mg	3,561	3,500	3,520	3,510	3,540	3,520	3,640	3,460	3,540	3,470	3,750	3,925	3,136	5,212	5,334	5,416
Ca	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,003	0,000	0,009	0,000	0,000	0,011
Zn	0,000	0,050	0,010	0,010	0,040	0,010	0,000	0,030	0,000	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Ni	0,000	0,010	0,040	0,040	0,000	0,020	0,000	0,010	0,000	0,040	0,008	0,000	0,002	nd	nd	nd
Na	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,010	0,000	0,021	0,000	0,000	0,000
K	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,000	0,000	0,002	0,000	0,005	0,000
Total	23,980	23,990	23,990	23,990	23,990	23,990	23,980	23,990	23,980	23,960	23,993	23,989	23,999	23,996	24,000	23,997
FM	56,00	56,00	56,00	56,00	56,00	56,00	54,00	57,00	56,00	56,00	57,72	55,28	64,11	37,81	36,35	35,72

TABLEAU I-10

Olivines interstitielles des chromitites mantelliques

N°d'anal	151A4	152A5	152A6	154A7	154A8	150A10	150A11	151A10	151A102	73A21	73A22	30A16	32A33	32A34	32A40	32A44	32A46	38A118	31A143	31A144	31A151	31A157
SiO ₂	41.62	41.82	42.03	41.80	41.66	41.62	41.46	41.90	41.48	42.16	42.35	41.26	40.82	40.71	41.54	41.69	41.19	42.20	40.76	41.98	41.20	41.71
TiO ₂	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.04	0.00	0.01	0.01	0.06	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.05	0.04	0.00
Cr ₂ O ₃	0.35	0.00	0.00	0.05	0.07	0.50	0.49	0.85	0.32	0.00	0.00	0.00	0.05	0.08	0.01	0.29	0.00	0.31	0.01	0.09	0.03	0.11
Al ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.04
FeO	4.03	4.34	4.64	3.48	3.40	3.16	2.93	3.71	4.14	4.16	4.36	4.57	3.71	3.98	3.59	3.34	4.02	3.21	4.42	5.30	4.61	3.87
MnO	0.01	0.02	0.05	0.12	0.12	0.01	0.13	0.10	0.00	0.13	0.06	0.03	0.02	0.21	0.10	0.00	0.04	0.06	0.07	0.00	0.03	0.02
MgO	53.46	53.12	53.36	54.75	54.39	53.34	53.65	53.73	52.84	54.32	53.95	53.20	53.97	53.91	52.93	54.13	52.86	53.12	53.59	53.10	52.28	53.10
CaO	0.03	0.03	0.06	0.03	0.00	0.03	0.10	0.01	0.01	0.01	0.03	0.11	0.07	0.03	0.02	0.02	0.09	0.01	0.01	0.05	0.04	0.01
NiO	0.63	0.42	0.43	0.65	0.65	0.86	0.56	0.49	0.67	0.53	0.76	1.03	1.07	0.99	0.82	0.76	0.72	0.99	0.72	0.72	0.76	0.76
Na ₂ O	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.05	0.00	0.02	0.01
K ₂ O	0.06	0.02	0.00	0.02	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.03	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.02
Total	100.28	99.79	100.58	100.90	100.32	99.55	99.37	100.79	99.49	101.35	101.56	100.29	99.73	99.98	99.02	100.25	98.93	99.94	100.32	100.07	99.01	99.62
Si	0.995	1.002	1.001	0.990	0.992	0.999	0.995	0.995	0.999	0.996	0.999	0.990	0.980	0.980	1.000	0.990	1.000	1.010	0.990	0.980	1.000	1.000
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cr	0.007	0.000	0.000	0.001	0.001	0.010	0.009	0.016	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	0.081	0.087	0.093	0.069	0.068	0.063	0.059	0.074	0.083	0.082	0.086	0.090	0.070	0.080	0.070	0.070	0.080	0.060	0.090	0.110	0.080	0.090
Mn	0.000	0.000	0.001	0.002	0.002	0.000	0.003	0.002	0.000	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.001	0.001	0.002	0.001	0.000	0.001	0.003	1.901	1.896	1.912	1.897	1.900	1.940	1.930	1.900	1.920	1.910	1.890	1.910	1.910	1.900	1.890
Mg	1.904	1.898	1.894	1.933	1.930	1.907	1.919	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni	0.012	0.008	0.008	0.012	0.012	0.017	0.011	0.009	0.013	0.010	0.014	0.020	0.020	0.020	0.020	0.010	0.010	0.020	0.010	0.010	0.010	0.010
Na	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.002	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total	3.005	2.998	2.999	3.009	3.007	2.997	3.000	2.997	2.998	3.004	3.000	3.010	3.020	3.020	3.000	3.000	3.000	2.990	3.010	3.020	3.000	3.000
FM	4.06	4.41	4.71	3.56	3.51	3.22	3.10	3.82	4.21	4.25	4.39	4.63	3.73	4.18	3.77	3.35	4.13	3.34	4.48	5.30	4.28	4.75
Fe	95.36	95.21	94.90	95.85	95.90	95.97	96.38	95.72	95.16	95.27	94.92	94.43	95.28	94.92	95.46	95.95	95.21	95.73	94.86	94.05	95.25	94.55
Fa	4.64	4.79	5.10	4.15	4.10	4.03	3.62	4.28	4.84	4.73	5.08	5.57	4.72	5.08	4.54	4.05	4.79	4.27	5.14	5.95	4.75	5.45

TABLEAU I-10 (SUITE)

Olivines interstitielles des chromites mantelliques

N°d'anal	26A13	26A14	29/108	17A140	17A149	24A1	24A2	24A5	24A8	24A12	31/115	31/48	31/50	41A74	41A75	41A76	41A77	41A79	41A80	41A81	41A83	41A84
SiO ₂	41.77	42.00	42.71	40.33	42.63	41.72	41.16	42.07	42.45	42.38	41.91	41.99	42.31	42.03	41.99	42.30	42.09	41.50	41.42	40.98	41.29	41.24
TiO ₂	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.05	0.00	0.03	0.03	0.00	0.03	0.00	0.01	0.05	0.01	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00
Cr ₂ O ₃	0.06	0.07	0.60	0.01	0.12	0.04	0.00	0.10	0.12	0.12	0.21	0.00	0.10	0.05	0.10	0.02	0.00	0.00	0.02	0.06	0.33	0.13
Al ₂ O ₃	0.00	0.01	0.01	0.11	0.02	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.02
FeO	6.16	5.21	4.14	3.03	2.87	3.83	3.95	3.84	3.66	3.34	3.84	4.08	4.22	3.74	4.48	3.83	4.02	4.03	4.08	3.92	3.65	3.14
MnO	0.11	0.00	0.08	0.04	0.20	0.00	0.20	0.03	0.12	0.02	0.04	0.00	0.04	0.03	0.09	0.12	0.01	0.08	0.11	0.17	0.09	0.09
MgO	52.31	51.55	53.66	55.00	54.00	53.46	53.22	53.67	53.43	53.52	53.58	54.48	54.25	52.53	52.38	52.76	52.76	52.32	52.35	54.57	53.09	53.14
CaO	0.03	0.03	0.00	0.04	0.00	0.09	0.00	0.02	0.00	0.07	0.02	nd	nd	0.00	0.09	0.01	0.04	0.00	0.03	0.00	0.07	0.02
NaO	0.49	0.37	0.54	0.91	1.09	1.09	0.81	1.09	0.85	0.77	0.49	0.35	0.40	0.34	0.39	0.39	0.48	0.32	0.36	0.40	0.55	0.39
Na ₂ O	0.08	0.03	0.02	0.05	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	nd	nd	0.00	0.03	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05
K ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	nd	nd	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.01
Total	101.00	99.28	101.81	99.53	100.95	100.27	99.38	100.87	100.71	100.22	100.16	100.90	101.33	98.80	99.58	99.48	99.44	98.27	98.39	100.12	99.11	98.24
Si	0.999	1.014	1.000	0.970	1.007	1.000	0.990	1.000	1.010	1.010	1.000	0.990	1.000	1.013	1.009	1.014	1.010	1.008	1.006	0.981	0.996	1.000
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Cr	0.001	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.006	0.003
Al	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	0.123	0.105	0.080	0.060	0.060	0.080	0.080	0.080	0.070	0.070	0.080	0.080	0.080	0.076	0.090	0.077	0.081	0.082	0.083	0.079	0.074	0.064
Mn	0.002	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.002	0.000	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002
Ca	1.864	1.855	1.880	1.970	1.900	1.900	1.910	1.900	1.890	1.900	1.900	1.920	1.910	1.887	1.876	1.884	1.887	1.894	1.895	1.947	1.909	1.920
Mg	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	nd	nd	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.002	0.001
Ni	0.009	0.007	0.010	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.010	0.010	0.010	0.010	0.007	0.008	0.008	0.009	0.006	0.007	0.008	0.011	0.008
Na	0.004	0.002	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	nd	nd	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
K	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	nd	nd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000
Total	3.003	2.986	3.000	3.030	2.990	3.000	3.010	3.000	2.990	2.990	3.000	3.010	3.000	2.985	2.990	2.987	2.989	2.992	2.994	3.019	3.000	3.000
FM	6.30	5.37	4.23	3.04	3.09	3.86	4.19	3.89	3.82	3.40	3.90	4.03	4.23	3.88	4.66	4.04	4.10	4.22	4.30	4.04	3.81	3.30
Fo	93.26	94.28	95.28	96.12	95.90	95.13	95.06	95.11	95.39	95.88	95.65	95.65	95.41	95.79	94.97	95.60	95.44	95.47	95.36	95.60	95.67	96.33
Fa	6.74	5.72	4.72	3.88	4.10	4.87	4.94	4.89	4.61	4.12	4.35	4.35	4.59	4.21	5.03	4.40	4.56	4.53	4.64	4.40	4.33	3.67

TABLEAU I-10 (SUITE)

Olivines interstitielles des chromitites mantelliques

N°d'anal	41A93	41A94	41A95	41A96	138A93	138A94	138A95	125A140	138A108	41A62	41A63	41A64	41A97	41A98	43A159	43A160	43A161	43A162	141A13	141A14	141A15	141A16
SiO ₂	42.09	42.59	42.35	42.05	42.39	42.03	41.85	42.59	41.78	42.41	41.42	42.41	41.83	42.62	41.92	41.61	41.67	41.41	42.63	42.47	42.69	42.65
TiO ₂	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.07	0.01	0.00	0.01	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00
Cr ₂ O ₃	0.18	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.42	0.04	0.08	0.03	0.01	0.06	0.16	0.33	0.31	0.27	0.04	0.01	0.03	0.00
Al ₂ O ₃	0.01	0.01	0.06	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
FeO	3.96	4.06	3.98	3.83	3.65	3.32	3.47	2.82	3.42	4.55	4.35	3.93	4.19	3.89	5.49	5.91	5.84	5.56	4.20	4.17	4.15	3.71
MnO	0.05	0.01	0.00	0.02	0.06	0.03	0.05	0.04	0.00	0.07	0.09	0.15	0.01	0.00	0.12	0.00	0.03	0.11	0.06	0.04	0.05	0.04
MgO	52.93	52.81	53.03	53.02	53.55	53.33	53.49	54.90	54.41	52.67	53.42	53.95	52.17	51.45	51.48	52.01	51.92	52.60	52.94	53.32	53.59	53.36
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.06	0.00	0.02	0.00	0.02	0.03	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.04	0.01	0.01	0.03
NiO	0.38	0.49	0.35	0.50	0.47	0.48	0.58	0.58	0.71	0.14	0.49	0.37	0.44	0.39	0.35	0.41	0.17	0.30	0.50	0.65	0.53	0.55
Na ₂ O	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.03	0.00	0.00	0.06	0.00	0.01	0.03	0.01	0.00	0.06	0.00	0.04
K ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.08
Total	99.62	100.04	99.88	99.45	100.14	99.23	99.51	101.03	100.78	99.95	99.88	100.85	98.68	98.63	99.53	100.32	99.98	100.30	100.42	100.77	101.04	100.47
Si	1.008	1.015	1.011	1.009	1.009	1.008	1.003	1.002	0.991	1.013	0.994	1.004	1.012	1.028	1.012	1.000	1.003	0.994	1.014	1.008	1.009	1.012
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Cr	0.004	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.008	0.001	0.002	0.001	0.000	0.001	0.003	0.006	0.006	0.005	0.001	0.000	0.001	0.000
Al	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	0.079	0.081	0.079	0.077	0.073	0.067	0.070	0.056	0.068	0.091	0.087	0.078	0.085	0.079	0.111	0.119	0.118	0.112	0.084	0.083	0.082	0.074
Mn	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.002	0.003	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001
Ca	1.890	1.876	1.887	1.895	1.899	1.906	1.910	1.926	1.924	1.876	1.911	1.903	1.881	1.849	1.852	1.863	1.862	1.883	1.876	1.886	1.888	1.888
Mg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001
Ni	0.007	0.009	0.007	0.010	0.009	0.009	0.011	0.011	0.014	0.003	0.010	0.007	0.009	0.008	0.007	0.008	0.003	0.006	0.010	0.012	0.010	0.011
Na	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.003	0.000	0.002
K	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002
Total	2.990	2.984	2.990	2.992	2.991	2.992	2.996	2.997	3.005	2.987	3.006	2.996	2.988	2.971	2.987	2.997	2.995	3.003	2.986	2.994	2.991	2.990
FM	4.08	4.14	4.04	3.91	3.74	3.41	3.56	2.84	3.40	4.09	4.46	4.07	4.32	4.07	5.76	5.99	5.97	5.70	4.32	4.24	4.20	3.80
Fo	95.57	95.40	95.63	95.63	95.82	96.14	95.90	96.02	95.94	95.18	95.09	95.59	95.26	95.55	93.92	93.64	93.88	94.03	95.22	95.16	95.31	95.69
Fa	4.43	4.60	4.37	4.37	4.18	3.86	4.10	3.38	4.06	4.82	4.91	4.41	4.74	4.45	6.08	6.36	6.12	5.97	4.78	4.84	4.69	4.31

Olivines interstitielles des chromitites mantelliques

TABLEAU I-10 (SUITE)

N°d'anal	141A17	137A4	137A14	134A35	134A36	134A39	134A40	134A46	133A51	133A52	133A53	143A29	143A30	143A31	143A32	143A33	144A45	144A46	144A48	144A49	140A64
SiO2	42.88	42.34	42.55	42.29	42.52	42.01	41.86	42.75	42.56	42.56	42.86	42.42	42.53	42.89	42.00	42.79	42.48	42.64	42.63	42.98	42.13
TiO2	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05	0.00	0.00
Cr2O3	0.08	0.19	0.03	0.02	0.01	0.00	0.06	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.06	0.06	0.00	0.01	0.00	0.00	0.32	0.36	0.00
Al2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.05	0.01	0.00
FeO	3.91	3.47	3.65	3.02	3.29	2.88	2.68	3.28	4.05	4.53	4.91	3.63	3.46	3.16	3.00	3.41	3.49	3.18	2.35	2.48	3.63
MnO	0.00	0.04	0.06	0.00	0.20	0.00	0.00	0.01	0.08	0.05	0.13	0.00	0.00	0.05	0.00	0.03	0.11	0.04	0.05	0.00	0.00
MgO	53.53	54.55	54.57	54.72	54.16	54.52	54.79	54.89	53.57	53.01	52.88	54.09	54.12	54.14	53.87	54.07	54.29	54.65	55.05	54.91	53.56
CaO	0.01	0.00	0.01	0.03	0.03	0.04	0.00	0.03	0.05	0.04	0.08	0.09	0.11	0.08	0.11	0.13	0.04	0.00	0.02	0.02	0.06
NiO	0.59	0.53	0.51	0.63	0.56	0.57	0.63	0.65	0.35	0.36	0.53	0.56	0.67	0.59	0.50	0.54	0.52	0.62	0.86	0.69	0.51
Na2O	0.06	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
K2O	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	101.08	101.14	101.38	100.73	100.79	100.05	100.06	101.63	100.74	100.58	101.38	100.82	100.98	101.00	100.61	100.99	100.97	101.13	101.37	101.45	99.89
Si	1.012	0.998	1.001	0.999	1.005	0.999	0.995	1.002	1.008	1.011	1.013	1.003	1.004	1.010	1.009	1.009	1.003	1.004	1.000	1.006	1.005
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Cr	0.001	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.007	0.000
Al	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Fe	0.077	0.069	0.072	0.060	0.065	0.057	0.053	0.064	0.080	0.090	0.097	0.072	0.068	0.062	0.068	0.067	0.069	0.063	0.046	0.049	0.073
Mn	0.000	0.001	0.001	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.003	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000
Ca	1.883	1.918	1.914	1.928	1.908	1.932	1.941	1.918	1.892	1.877	1.863	1.907	1.905	1.901	1.900	1.900	1.911	1.917	1.924	1.916	1.905
Mg	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003	0.002	0.003	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001
Ni	0.011	0.010	0.010	0.012	0.011	0.011	0.012	0.012	0.007	0.007	0.010	0.011	0.013	0.011	0.009	0.010	0.010	0.012	0.016	0.013	0.010
Na	0.003	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Total	2.988	2.999	2.999	3.000	2.995	3.001	3.004	2.998	2.992	2.989	2.987	2.996	2.995	2.990	2.990	2.991	2.997	2.996	2.996	2.990	2.995
FM	0.04	3.49	3.68	3.01	3.49	2.88	2.67	3.26	4.15	4.63	5.07	3.63	3.46	3.22	3.44	3.45	3.59	3.19	2.39	2.47	3.67
Fo	0.96	96.02	95.86	96.41	96.00	96.59	96.74	96.15	95.53	95.04	94.44	95.85	95.91	96.23	96.10	96.05	95.93	96.24	96.81	96.88	95.86
Fa	0.04	3.98	4.14	3.59	4.00	3.41	3.26	3.85	4.47	4.96	5.56	4.15	4.09	3.77	3.90	3.95	4.07	3.76	3.19	3.12	4.14

TABLEAU I-11

Olivines incluses dans les chromitites mantelliques.

N°d'anal	20A1	20A2	20A6	20A10	26A23	26A24	26A25	37A111	37A112	37A129	37A130	41A73	43A163	43A164	143A35	143A39	143A40	143A41	138A106	162A30	162A32
SiO ₂	41.58	41.93	41.87	41.92	42.11	42.66	42.34	42.98	42.40	41.97	41.57	41.94	41.78	41.74	42.69	42.56	42.82	42.55	41.66	41.87	41.96
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.05	0.01	0.01	0.00
Cr ₂ O ₃	0.46	0.77	0.27	0.53	0.10	0.33	0.12	0.64	0.53	0.43	1.00	0.22	0.41	0.34	0.53	0.79	0.53	0.46	0.52	0.66	0.73
Al ₂ O ₃	0.00	0.04	0.01	0.01	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	2.88	2.92	3.11	2.79	5.40	4.91	5.31	4.69	4.65	3.89	3.85	3.05	4.60	5.12	2.06	1.91	1.97	2.06	3.40	2.36	2.26
MnO	0.03	0.02	0.14	0.00	0.03	0.13	0.04	0.00	0.05	0.00	0.02	0.00	0.11	0.07	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00
MgO	54.59	54.08	53.81	53.60	52.57	52.36	52.67	52.89	53.26	52.79	51.96	53.92	52.66	51.56	55.34	55.00	55.14	54.98	54.68	55.97	55.77
CaO	0.02	0.04	0.00	0.03	0.10	0.09	0.09	0.03	0.03	0.02	0.00	0.05	0.01	0.00	0.17	0.12	0.12	0.17	0.00	0.00	0.01
NiO	0.36	0.58	0.39	0.59	0.34	0.21	0.52	0.47	0.55	0.46	0.70	0.65	0.39	0.27	0.83	0.90	0.68	0.79	0.74	0.74	0.87
Na ₂ O	0.01	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
K ₂ O	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02
Total	99.95	100.40	99.63	99.52	100.74	100.78	101.10	101.71	101.49	99.56	99.16	99.85	99.97	99.10	101.65	101.32	101.28	101.10	101.00	101.65	101.62
Si	0.991	0.996	1.001	1.003	1.004	1.013	1.006	1.012	1.002	1.007	1.004	1.000	1.002	1.010	0.998	0.998	1.003	1.000	0.987	0.982	0.984
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Cr	0.009	0.015	0.005	0.010	0.002	0.006	0.002	0.012	0.010	0.008	0.019	0.000	0.008	0.007	0.010	0.015	0.010	0.009	0.010	0.012	0.014
Al	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	0.057	0.058	0.062	0.056	0.108	0.098	0.105	0.092	0.092	0.078	0.078	0.060	0.092	0.104	0.040	0.037	0.039	0.040	0.067	0.046	0.044
Mn	0.001	0.001	0.003	0.000	0.001	0.003	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Mg	1.939	1.914	1.917	1.910	1.868	1.854	1.865	1.856	1.876	1.887	1.870	1.920	1.882	1.860	1.928	1.923	1.925	1.925	1.930	1.956	1.950
Ca	0.001	0.001	0.000	0.001	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.003	0.003	0.004	0.000	0.000	0.000
Ni	0.007	0.011	0.008	0.011	0.007	0.004	0.010	0.009	0.010	0.009	0.014	0.010	0.008	0.005	0.016	0.017	0.013	0.015	0.014	0.014	0.016
Na	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Total	3.005	2.996	2.997	2.993	2.994	2.983	2.992	2.982	2.993	2.989	2.987	2.990	2.994	2.986	2.997	2.994	2.992	2.995	3.008	3.012	3.009
FM	2.91	2.96	3.28	2.84	5.48	5.13	5.39	4.74	4.72	3.97	4.01	3.08	4.78	5.34	2.05	1.91	1.97	2.09	3.37	2.33	2.22
Fo	96.75	96.49	96.36	96.61	94.20	94.68	94.14	94.83	94.78	95.60	95.33	96.31	94.86	94.41	97.18	97.25	97.40	97.17	95.95	96.99	96.98
Fa	3.25	3.51	3.64	3.39	5.80	5.32	5.86	5.17	5.22	4.40	4.67	3.69	5.14	5.59	2.82	2.75	2.60	2.83	4.05	3.01	3.02

TABLEAU I-11 (SUITE)

Olivines incluses dans les chromitites mantelliques.

N° d'anal	26A127	25A128	25A129	25A137	25A138	73A29	73A30	26A118	26A119	26A124	26A125	24A11	30A18	32A35	32A39	47A86	38A119	31A149	31A158	21/7S6	162A29
SiO2	42.17	42.32	42.61	42.67	42.52	42.50	42.36	41.91	42.23	42.55	42.08	41.95	40.68	40.39	41.26	41.38	41.97	41.98	41.71	41.55	42.77
TiO2	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.07	0.05	0.09	0.00	0.11	0.13	0.00	0.01	0.00
Cr2O3	0.42	0.20	0.30	0.29	0.31	0.36	0.38	0.00	0.00	0.04	0.05	0.59	0.81	0.33	0.49	0.53	0.27	0.00	0.11	0.35	0.74
Al2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00
FeO	2.63	2.34	2.00	2.55	2.46	3.48	3.53	4.12	4.21	3.14	2.98	3.10	2.50	3.62	3.36	3.19	3.23	4.38	3.87	4.21	2.22
MnO	0.01	0.00	0.00	0.04	0.05	0.00	0.00	0.08	0.09	0.05	0.07	0.00	0.03	0.09	0.00	0.05	0.00	0.13	0.02	0.06	0.00
MgO	55.20	55.34	54.48	54.90	54.78	54.76	54.55	53.35	53.44	54.76	54.92	53.73	53.59	53.61	52.99	53.28	53.22	52.68	53.10	54.67	54.99
CaO	0.05	0.11	0.08	0.09	0.06	0.07	0.07	0.04	0.00	0.06	0.02	0.04	0.09	0.04	0.00	0.05	0.00	0.01	0.01	0.10	0.03
NiO	0.66	0.59	0.93	0.56	0.74	0.66	0.58	0.49	0.55	0.46	0.70	0.66	1.22	0.84	0.44	1.02	0.90	0.76	0.76	0.37	0.86
Na2O	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01	0.00	0.00
K2O	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00
Total	101.15	100.91	100.48	101.12	100.97	101.83	101.48	100.01	100.57	101.07	100.84	100.13	99.00	99.00	98.65	99.53	99.72	100.12	99.62	101.33	101.61
Si	0.993	0.996	1.006	1.003	1.001	0.997	0.997	1.002	1.004	1.002	0.995	1.000	0.980	0.980	1.000	0.990	1.000	1.000	1.000	0.983	1.001
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cr	0.008	0.004	0.006	0.005	0.006	0.007	0.007	0.000	0.000	0.001	0.001	0.010	0.020	0.010	0.010	0.010	0.010	0.000	0.000	0.007	0.014
Al	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	0.052	0.046	0.040	0.050	0.048	0.068	0.069	0.082	0.084	0.062	0.059	0.060	0.050	0.070	0.070	0.060	0.060	0.090	0.080	0.083	0.044
Mn	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.002	0.002	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Mg	1.937	1.942	1.918	1.922	1.922	1.914	1.913	1.901	1.894	1.922	1.935	1.910	1.930	1.940	1.910	1.910	1.900	1.880	1.900	1.929	1.918
Ca	0.001	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.001
Ni	0.013	0.011	0.018	0.011	0.014	0.012	0.011	0.009	0.011	0.009	0.013	0.010	0.020	0.020	0.010	0.020	0.020	0.010	0.010	0.007	0.016
Na	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total	3.003	3.002	2.991	2.995	2.995	3.000	3.000	2.998	2.996	2.998	3.005	2.990	3.000	3.020	3.000	2.990	2.990	2.980	2.990	3.013	2.992
FM	2.61	2.32	2.02	2.58	2.51	3.44	3.50	4.23	4.32	3.17	3.03	3.14	2.58	3.74	3.43	3.30	3.30	4.59	3.95	4.20	2.22
Fo	96.78	97.13	97.11	96.90	96.81	95.96	95.97	95.32	95.18	96.41	96.33	96.24	96.27	95.49	96.15	95.74	95.86	94.71	95.35	95.46	96.99
Fa	3.22	2.87	2.89	3.10	3.19	4.04	4.03	4.68	4.82	3.59	3.67	3.76	3.73	4.51	3.85	4.26	4.14	5.29	4.65	4.54	3.01

Olivines incluses dans les chromites mantelliques.

TABLEAU I-11 (SUITE)

N°d'anal	29/4	29/14	38A107	38A108	17A139	17A145	123A48	120A56	120A57	137A12	137A13	134A45	133A49	133A50	127A105	127A106	127A108	127A109	126A126	21/7S4	21/7S5
SiO2	41.64	40.42	41.67	41.78	40.99	42.82	41.95	42.46	42.75	41.86	42.54	42.90	42.63	42.31	42.54	42.74	42.43	42.16	42.46	41.51	41.98
TiO2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.06
Cr2O3	0.68	0.41	0.32	0.42	0.15	0.32	0.76	0.37	0.38	0.25	0.15	0.46	0.37	0.41	0.02	0.10	0.12	0.28	0.52	0.74	0.39
Al2O3	0.01	0.02	0.01	0.03	0.00	0.02	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
FeO	3.96	4.33	3.51	3.42	3.33	3.16	5.10	3.22	3.37	3.36	3.16	2.64	3.23	2.82	3.30	2.93	3.21	2.97	2.53	3.84	3.89
MnO	0.06	0.11	0.06	0.00	0.03	0.01	0.02	0.09	0.03	0.04	0.00	0.00	0.09	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.06	0.08
MgO	53.96	52.63	54.67	54.41	54.70	53.06	53.43	54.37	54.20	55.11	54.73	55.19	54.69	54.97	54.15	53.55	54.14	54.16	55.60	55.31	54.89
CaO	nd	nd	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.03	0.08	0.00	0.03	0.06	0.02	0.00	0.01	0.00	0.07	0.07	0.05
NiO	0.79	0.64	0.75	0.71	1.10	0.71	0.63	0.86	0.52	0.62	0.69	0.60	0.41	0.52	0.49	0.56	0.79	0.45	0.65	0.42	0.47
Na2O	nd	nd	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
K2O	nd	nd	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.04	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
Total	101.09	98.57	101.00	100.78	100.38	100.13	101.94	101.41	101.29	101.28	101.39	101.89	101.45	101.20	100.52	99.90	100.71	100.05	101.87	101.95	101.84
Si	0.990	0.990	0.9873	0.991	0.980	1.020	0.991	0.999	1.006	0.988	1.000	1.001	1.001	0.996	1.007	1.016	1.004	1.002	0.992	0.977	0.987
Ti	0.000	0.000	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Cr	0.010	0.010	0.0060	0.008	0.000	0.010	0.014	0.007	0.007	0.005	0.003	0.009	0.007	0.008	0.000	0.002	0.002	0.005	0.010	0.014	0.007
Al	0.000	0.000	0.0003	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	0.080	0.090	0.0695	0.068	0.070	0.060	0.101	0.063	0.066	0.066	0.062	0.052	0.063	0.056	0.065	0.058	0.064	0.059	0.049	0.075	0.077
Mn	0.000	0.000	0.0012	0.000	0.000	0.004	0.000	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.002
Mg	1.910	1.910	1.9305	1.924	1.950	1.880	1.883	1.908	1.900	1.938	1.918	1.920	1.914	1.928	1.910	1.896	1.909	1.919	1.937	1.938	1.924
Ca	nd	nd	0.0000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.000	0.001	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.001
Ni	0.020	0.010	0.0144	0.014	0.020	0.010	0.012	0.016	0.010	0.012	0.013	0.011	0.008	0.010	0.009	0.011	0.015	0.009	0.012	0.008	0.009
Na	nd	nd	0.0000	0.001	0.005	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001
K	nd	nd	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Total	3.010	3.010	3.000	3.005	3.026	2.986	3.002	2.997	2.991	3.010	2.999	2.996	2.996	3.000	2.993	2.983	2.995	2.995	3.003	3.016	3.009
FM	4.01	4.53	0.0353	0.03	3.33	3.24	5.10	3.31	3.41	3.35	3.14	2.61	3.29	2.83	3.31	2.98	3.22	3.01	2.50	3.80	3.90
Fo	95.27	94.88	0.9578	0.96	95.67	96.09	94.34	95.90	96.11	96.09	96.22	96.83	96.34	96.69	96.24	96.49	96.05	96.56	96.90	95.83	95.67
Fa	4.73	5.12	0.0422	0.04	4.33	3.91	5.66	4.10	3.89	3.91	3.78	3.17	3.66	3.31	3.76	3.51	3.95	3.44	3.10	4.17	4.33

TABLEAU I-12

Olivines des dunites mantelliques

N°d'anal	25/108	25/109	25/110	28/111	28/112	28/113	28/114	34/120	34/122	34/123	136/137	136/138	136/139	173A136	173A137	173A138	173A139	166A70	166A71	166A81
SiO ₂	41.15	41.45	41.50	41.31	41.43	41.75	40.86	41.74	41.77	41.41	41.71	41.46	41.42	41.38	41.42	41.75	40.97	41.52	41.73	40.90
TiO ₂	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.07	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
Cr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.04
Al ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.12	0.02	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
FeO	9.44	9.85	9.81	9.65	9.44	9.50	8.74	8.27	8.07	8.12	7.44	7.38	7.59	6.01	6.69	6.44	6.20	8.40	8.64	8.21
MnO	0.15	0.16	0.24	0.11	0.14	0.21	0.11	0.21	0.05	0.14	0.13	0.18	0.03	0.14	0.06	0.15	0.08	0.06	0.16	0.11
MgO	47.90	48.01	48.62	48.88	48.89	48.81	48.87	49.39	50.01	50.00	50.20	50.28	50.39	51.77	51.76	52.35	52.25	50.89	51.06	50.93
CaO	0.06	0.09	0.03	0.00	0.00	0.07	0.05	0.09	0.03	0.00	0.07	0.07	0.07	0.02	0.06	0.01	0.01	0.03	0.02	0.00
NaO	0.17	0.42	0.24	0.18	0.24	0.15	0.16	0.00	0.18	0.18	0.21	0.34	0.31	0.34	0.23	0.24	0.37	0.39	0.36	0.32
Na ₂ O	0.13	0.04	0.00	0.07	0.02	0.07	0.04	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K ₂ O	0.06	0.03	0.00	0.04	0.00	0.02	0.04	0.00	0.04	0.02	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.02
Total	99.07	100.06	100.43	100.29	100.14	100.57	98.90	99.83	100.23	99.89	99.84	99.75	99.84	99.67	100.24	100.94	99.91	101.35	101.97	100.53
Si	1.016	1.015	1.012	1.008	1.011	1.014	1.007	1.015	1.011	1.007	1.012	1.007	1.006	1.001	0.999	0.999	0.991	0.998	0.998	0.992
Ti	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Al	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	0.195	0.202	0.200	0.197	0.193	0.193	0.180	0.168	0.163	0.165	0.151	0.150	0.154	0.122	0.135	0.129	0.125	0.169	0.173	0.166
Mn	0.003	0.003	0.005	0.002	0.003	0.004	0.002	0.004	0.001	0.003	0.003	0.004	0.001	0.003	0.001	0.003	0.002	0.001	0.003	0.002
Mg	1.762	1.752	1.766	1.777	1.778	1.767	1.796	1.790	1.805	1.813	1.815	1.821	1.824	1.866	1.860	1.866	1.883	1.824	1.821	1.840
Ca	0.002	0.002	0.001	0.000	0.000	0.002	0.001	0.002	0.001	0.000	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000
Ni	0.003	0.008	0.005	0.004	0.005	0.003	0.003	0.000	0.004	0.004	0.004	0.007	0.006	0.007	0.004	0.005	0.007	0.008	0.007	0.006
Na	0.006	0.002	0.000	0.003	0.001	0.003	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.002	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001
Total	2.988	2.986	2.988	2.993	2.989	2.988	2.994	2.983	2.988	2.993	2.989	2.992	2.993	2.999	3.001	3.001	3.009	3.002	3.002	3.008
FM	10.10	10.47	10.39	10.08	9.90	10.04	9.22	8.79	8.34	8.48	7.80	7.78	7.82	6.25	6.82	6.60	6.32	8.53	8.82	8.40
Fo	89.74	89.15	89.40	89.76	89.89	89.83	90.64	91.21	91.49	91.36	92.00	91.91	91.90	93.43	92.97	93.19	93.35	91.13	90.86	91.32
Fa	10.26	10.85	10.60	10.24	10.11	10.17	9.36	8.79	8.51	8.64	8.00	8.09	8.10	6.57	7.03	6.81	6.65	8.87	9.14	8.68

TABLEAU I-12 (SUITE)

Olivines des dunités mantelliques

N° d'anal	275/38	275/44	121A28	136/137	136/138	136/139	261/45	261/46	261/47	261/48	261/49	261/50	261/51	261/52	261/53	261/54	261/57	271/58	271/59	271/60
SiO ₂	41.39	41.31	41.95	41.71	41.46	41.42	42.25	42.39	42.60	42.18	41.93	42.56	42.76	42.43	42.87	41.74	42.29	42.47	42.39	42.09
TiO ₂	0.04	0.01	0.05	0.00	0.00	0.03	0.02	0.09	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.02	0.00	0.05
Cr ₂ O ₃	0.11	0.00	0.03	0.01	0.01	0.00	0.05	0.00	0.03	0.07	0.00	0.05	0.03	0.00	0.00	0.08	0.03	0.10	0.06	0.00
Al ₂ O ₃	0.00	0.00	0.02	0.01	0.03	0.00	0.01	0.02	0.10	0.05	0.03	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.04	0.01	0.00	0.11
FeO	6.47	7.21	7.52	7.44	7.38	7.59	5.52	5.81	5.78	6.20	6.18	5.62	5.86	5.99	5.80	8.79	5.86	5.23	5.55	5.44
MnO	0.03	0.07	0.04	0.13	0.18	0.03	0.00	0.00	0.10	0.00	0.05	0.06	0.27	0.21	0.07	0.21	0.08	0.04	0.19	0.07
MgO	51.08	51.97	51.54	50.20	50.28	50.39	51.17	51.71	51.45	51.15	50.68	51.44	51.48	51.57	51.04	51.13	51.96	51.99	52.23	51.26
CaO	0.06	0.07	0.05	0.07	0.07	0.07	0.10	0.04	0.03	0.03	0.04	0.07	0.09	0.06	0.04	0.09	0.10	0.05	0.05	0.03
NiO	0.59	0.48	0.33	0.21	0.34	0.31	0.46	0.41	0.32	0.43	0.35	0.57	0.46	0.44	0.46	0.35	0.38	0.48	0.31	0.54
Na ₂ O	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02
K ₂ O	0.00	0.01	0.00	0.04	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.00	0.00	0.01	0.01	0.04	0.02	0.00	0.01	0.01	0.03	0.01
Total	99.78	101.13	101.55	99.84	99.75	99.84	99.58	100.48	100.43	100.11	99.27	100.39	100.97	100.75	100.41	99.42	100.77	100.40	100.81	99.62
Si	0.937	0.924	1.002	1.012	1.007	1.006	1.020	1.010	1.020	1.010	1.020	1.020	1.020	1.010	1.030	1.010	1.010	1.010	1.010	1.010
Ti	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cr	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	0.062	0.068	0.150	0.151	0.150	0.154	0.110	0.120	0.120	0.120	0.130	0.110	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.100	0.110	0.110
Mn	0.000	0.001	0.001	0.003	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg	1.992	2.001	1.834	1.815	1.821	1.824	1.840	1.840	1.830	1.830	1.830	1.830	1.830	1.840	1.820	1.840	1.850	1.850	1.860	1.840
Ca	0.001	0.000	0.001	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni	0.005	0.004	0.006	0.004	0.007	0.006	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Na	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total	3.000	2.999	2.997	2.989	2.992	2.993	2.980	2.980	2.980	2.980	2.980	2.980	2.980	2.980	2.970	2.990	2.990	2.980	2.990	2.980
FM			7.61	7.80	7.78	7.82	5.71	5.93	6.03	6.36	6.46	5.84	6.27	6.32	6.06	6.18	6.03	5.39	5.81	5.08
Fo	93.37	92.77	92.10	92.00	91.91	91.90	93.87	93.70	93.68	93.24	93.22	93.63	93.32	93.27	93.51	93.50	93.63	94.17	93.90	93.81
Fa	6.63	7.23	7.90	8.00	8.09	8.10	6.13	6.30	6.32	6.76	6.78	6.37	6.68	6.73	6.49	6.50	6.37	5.83	6.10	6.19

TABLEAU I-12 (SUITE)

Olivines des dunites mantelliques

N°d'anal	3N15	3N16	9N17	9N18	11N19	11N20	11N21	13N22	13N23	25/108	25/109	25/110	28/111	28/112	28/113	28/114	34/120	34/122	34/123
SiO ₂	41.07	40.57	41.69	40.55	40.87	40.80	42.01	40.58	41.12	41.15	41.45	41.50	41.31	41.43	41.75	40.86	41.74	41.77	41.41
TiO ₂	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.07	0.00
Cr ₂ O ₃	0.03	0.00	0.00	0.06	0.00	0.17	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.03
Al ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.08	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.12	0.02	0.00
FeO	8.38	7.87	7.35	7.19	8.52	8.75	7.62	8.33	7.83	9.44	9.85	9.81	9.65	9.44	9.50	8.74	8.27	8.07	8.12
MnO	0.13	0.11	0.02	0.04	0.14	0.11	0.13	0.19	0.19	0.15	0.16	0.24	0.11	0.14	0.21	0.11	0.21	0.05	0.14
MgO	49.54	50.05	49.93	51.34	49.18	48.69	48.18	49.35	49.43	47.90	48.01	48.62	48.88	48.89	48.81	48.87	49.39	50.01	50.00
CaO	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.06	0.05	0.06	0.09	0.03	0.00	0.00	0.07	0.05	0.09	0.03	0.00
NiO	0.28	0.42	0.40	0.37	0.42	0.26	0.47	0.21	0.23	0.17	0.42	0.24	0.18	0.24	0.15	0.16	0.00	0.18	0.18
Na ₂ O	0.02	0.00	0.02	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.13	0.04	0.00	0.07	0.02	0.07	0.04	0.00	0.00	0.00
K ₂ O	0.04	0.02	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.06	0.03	0.00	0.04	0.00	0.02	0.04	0.00	0.04	0.02
Total	99.50	99.06	99.44	99.64	99.13	98.85	98.62	98.78	98.87	99.07	100.06	100.43	100.29	100.14	100.57	98.90	99.83	100.23	99.89
Si	1.005	0.997	1.015	0.988	1.005	1.007	1.031	1.001	1.010	1.016	1.015	1.012	1.008	1.011	1.014	1.007	1.015	1.011	1.007
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Cr	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.003	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001
Al	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000
Fe	0.172	0.162	0.150	0.147	0.175	0.181	0.156	0.172	0.161	0.195	0.202	0.200	0.197	0.193	0.193	0.180	0.168	0.163	0.165
Mn	0.003	0.002	0.001	0.001	0.003	0.002	0.003	0.004	0.004	0.003	0.003	0.005	0.002	0.003	0.004	0.002	0.004	0.001	0.003
Mg	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.002	0.001	1.762	1.752	1.766	1.777	1.778	1.767	1.796	1.790	1.805	1.813
Ca	1.807	1.833	1.811	1.865	1.803	1.790	1.763	1.814	1.809	0.002	0.002	0.001	0.000	0.000	0.002	0.001	0.002	0.001	0.000
Ni	0.006	0.008	0.008	0.007	0.008	0.005	0.009	0.004	0.005	0.003	0.008	0.005	0.004	0.005	0.003	0.003	0.000	0.004	0.004
Na	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.002	0.000	0.003	0.001	0.003	0.002	0.000	0.000	0.000
K	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001
Total	2.995	3.003	2.986	3.012	2.995	2.991	2.967	2.998	2.990	2.988	2.986	2.988	2.993	2.989	2.988	2.994	2.983	2.988	2.993
FM	8.79	8.22	7.65	7.32	8.99	9.27	8.28	8.84	8.35	10.10	10.47	10.39	10.08	9.90	10.04	9.22	8.79	8.34	8.48
Fo	90.95	91.41	91.98	92.35	90.63	90.50	91.29	90.98	91.44	89.74	89.15	89.40	89.76	89.89	89.83	90.64	91.21	91.49	91.36
Fa	9.05	8.59	8.02	7.65	9.37	9.50	8.71	9.02	8.56	10.26	10.85	10.60	10.24	10.11	10.17	9.36	8.79	8.51	8.64

TABLEAU I-12 (SUITE)

Olivines des dunites mantelliques

N°d'anal	257/5	17/112	17/113	17/116	17/117	17/118	17/119	271/61	271/63	271/64	124A149	124A150	16A1	16A2	16A7	16A12	16A22	275/32	275/40
SiO2	41.21	40.38	41.09	40.74	41.14	41.13	41.08	42.83	42.28	42.66	42.06	41.36	41.42	42.50	43.41	41.75	41.84	41.61	40.65
TiO2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05
Cr2O3	0.00	0.09	0.05	0.00	0.02	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.05
Al2O3	0.00	0.00	0.16	0.02	0.00	0.00	0.02	0.09	0.03	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.03	0.00
FeO	6.94	7.74	7.23	7.81	8.17	7.94	7.40	5.47	5.33	5.88	8.40	8.69	8.02	5.03	4.97	4.67	5.00	6.32	6.41
MnO	0.15	0.04	0.14	0.19	0.11	0.11	0.00	0.13	0.01	0.06	0.22	0.10	0.02	0.08	0.00	0.00	0.12	0.04	0.14
MgO	53.30	52.18	52.00	52.07	51.47	51.82	51.70	51.97	50.57	51.00	50.43	50.46	51.04	52.57	51.69	53.08	53.61	52.51	53.00
CaO	0.00	0.02	0.01	0.00	0.02	0.04	0.00	0.03	0.06	0.03	0.00	0.00	0.12	0.04	0.11	0.06	0.00	0.00	0.09
NiO	0.44	0.35	0.00	0.24	0.41	0.35	0.41	0.58	0.53	0.44	0.31	0.40	0.40	0.48	0.45	0.94	0.82	0.55	0.51
Na2O	0.01	0.00	0.01	0.00	0.03	0.04	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.07	0.00	0.08	0.06	0.03	0.00
K2O	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.03	0.00	0.01	0.01
Total	102.07	100.81	100.68	101.07	101.38	101.46	100.67	101.15	98.83	100.14	101.47	101.02	101.03	100.81	100.68	100.61	101.51	101.09	100.89
Si	0.980	0.980	0.990	0.980	0.990	0.990	0.990	1.020	1.030	1.020	1.009	0.999	0.934	0.940	0.955	0.922	0.917	0.924	0.903
Ti	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cr	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Al	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000
Fe	0.136	0.160	0.150	0.160	0.160	0.160	0.150	0.110	0.110	0.123	0.168	0.176	0.076	0.047	0.046	0.043	0.046	0.059	0.060
Mn	0.003	0.001	0.002	0.001	0.002	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.005	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001
Mg	1.890	1.880	1.860	1.869	1.840	1.850	1.860	1.840	1.830	1.820	1.803	1.816	1.982	2.003	1.958	2.019	2.024	2.009	2.029
Ca	0.001	0.002	0.000	0.002	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.002	0.001	0.000	0.000	0.001
Ni	0.010	0.007	0.000	0.000	0.010	0.008	0.007	0.010	0.010	0.010	0.006	0.008	0.003	0.004	0.038	0.008	0.007	0.005	0.004
Na	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.003	0.000	0.004	0.003	0.001	0.000
K	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Total	3.020	3.020	3.010	3.020	3.010	3.010	3.010	2.980	2.970	2.980	2.991	3.001	3.000	3.000	3.000	2.998	2.999	3.000	3.000
FM								5.70	5.59	6.13	8.76	8.91							
Fo	92.68	91.97	92.63	91.85	91.36	91.68	92.21	93.77	93.90	93.46	90.97	90.74	91.90	94.91	94.88	95.30	95.02	93.35	93.64
Fa	7.32	8.03	7.37	8.15	8.64	8.32	7.79	6.23	6.10	6.54	9.03	9.26	8.10	5.09	5.12	4.70	4.98	6.65	6.36

TABLEAU I-13

Olivines des dunités d'éponte dans le manteau.

N°d'anal	258/11	258/15	258/16	258/80	258/6	258/8	258/9	258/10	25A11	25A12	25A13	25A14	74A33	74A34	74A39	74A40	19A30
SiO ₂	42,66	42,36	42,50	41,89	43,18	42,56	42,89	42,92	42,74	42,03	41,66	41,75	41,87	41,94	41,39	41,79	42,01
TiO ₂	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,03	0,00	0,43	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,03	0,03	0,00	0,00	0,64
Al ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,04	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,02
FeO	4,85	5,10	4,40	4,04	3,22	5,16	3,84	3,48	7,52	7,10	6,83	6,87	6,60	6,73	6,94	7,14	5,68
MnO	0,00	0,02	0,09	0,00	0,03	0,14	0,00	0,15	0,02	0,18	0,09	0,13	0,07	0,16	0,01	0,11	0,15
MgO	53,49	53,03	53,12	54,58	53,85	52,12	51,79	51,81	51,12	51,11	50,95	51,01	52,04	52,28	51,25	52,35	52,55
CaO	0,12	0,06	0,03	nd	0,00	0,06	0,06	0,04	0,05	0,04	0,11	0,08	0,05	0,07	0,06	0,07	0,02
NiO	0,41	0,52	0,56	0,67	0,45	0,51	0,66	0,38	0,21	0,38	0,40	0,43	0,67	0,49	0,37	0,49	0,40
Na ₂ O	0,00	0,00	0,02	nd	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
K ₂ O	0,03	0,00	0,00	nd	0,01	0,00	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,02	0,00	0,00	0,03
Total	101,61	101,10	100,73	101,18	101,19	100,66	99,39	98,81	101,66	100,88	100,05	100,33	101,35	101,70	100,03	101,99	101,49
Si	1,010	1,010	1,010	0,990	1,010	1,010	1,030	1,030	1,016	1,008	1,007	1,007	1,000	0,998	1,001	0,994	0,998
Ti	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,012
Al	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
Fe	0,100	0,100	0,090	0,080	0,060	0,100	0,080	0,070	0,150	0,142	0,138	0,139	0,132	0,134	0,140	0,142	0,113
Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,002	0,003	0,002	0,003	0,000	0,002	0,003
Mg	1,880	1,880	1,880	1,920	1,890	1,850	1,850	1,860	1,812	1,828	1,835	1,833	1,852	1,855	1,848	1,856	1,861
Ca	0,000	0,000	0,000	nd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,003	0,002	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
Ni	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,004	0,007	0,008	0,008	0,013	0,009	0,007	0,009	0,008
Na	0,000	0,000	0,000	nd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
K	0,000	0,000	0,000	nd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001
Total	2,990	2,990	2,990	3,010	2,980	2,980	2,970	2,970	2,983	2,992	2,993	2,993	3,000	3,002	2,998	3,006	2,996
FM	4,84	5,14	4,53	3,99	3,27	5,41	3,99	3,79	7,65	7,40	7,08	7,15	6,72	6,88	7,07	7,21	5,86
Fo	94,79	94,39	94,96	95,40	96,31	94,12	95,38	95,85	92,16	92,26	92,56	92,46	92,69	92,68	92,60	92,36	93,78
Fa	5,21	5,61	5,04	4,60	3,69	5,88	4,62	4,15	7,84	7,74	7,44	7,54	7,31	7,32	7,40	7,64	6,22

TABLEAU I-13 (SUITE)

Olivines des dunités d'éponte dans le manteau.

N°d'anal	23A35	23A36	23A37	121A29	121A30	123A41	123A42	123A43	123A44	123A46	123A47	258/1	258/2	258/3	258/4	258/5
SiO ₂	41,57	41,33	41,62	42,04	42,03	41,47	41,93	41,63	41,84	41,33	41,98	42,61	42,00	41,92	42,32	42,66
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,03	0,03	0,00	0,00
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,04	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,01	0,04	0,00	0,36
Al ₂ O ₃	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,04	0,01	0,02	0,14	0,00
FeO	5,41	5,50	5,29	7,26	6,60	6,38	6,44	6,36	6,15	6,28	6,65	3,89	3,81	4,29	3,24	3,35
MnO	0,13	0,02	0,09	0,17	0,02	0,05	0,12	0,19	0,17	0,00	0,06	0,00	0,05	0,00	0,01	0,06
MgO	52,32	52,79	53,10	51,48	52,39	51,42	52,05	51,88	52,19	52,42	51,36	53,06	52,68	52,89	53,95	54,26
CaO	0,00	0,01	0,01	0,00	0,04	0,04	0,00	0,03	0,04	0,04	0,00	0,06	0,07	0,06	0,04	0,04
NiO	0,44	0,35	0,37	0,29	0,41	0,43	0,22	0,44	0,59	0,48	0,50	0,63	0,54	0,36	0,46	0,51
Na ₂ O	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,04	0,02	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00	0,02
Total	99,88	100,00	100,58	101,27	101,50	99,79	100,81	100,59	101,03	100,56	100,66	100,37	99,21	99,61	100,17	101,27
Si	1,001	0,994	0,995	1,005	1,000	1,003	1,003	1,000	1,000	0,993	1,007	1,010	1,010	1,010	1,000	1,000
Ti	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cr	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Al	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe	0,109	0,111	0,106	0,145	0,131	0,129	0,129	0,128	0,123	0,126	0,134	0,080	0,080	0,090	0,060	0,070
Mn	0,003	0,001	0,002	0,004	0,001	0,001	0,003	0,004	0,003	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	0,000	0,000	0,000	1,835	1,859	1,854	1,857	1,858	1,860	1,877	1,837	1,880	1,890	1,890	1,910	1,900
Ca	1,878	1,893	1,892	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ni	0,009	0,007	0,007	0,006	0,008	0,008	0,004	0,008	0,011	0,009	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Na	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Total	2,999	3,006	3,004	2,994	3,000	2,997	2,997	3,001	3,001	3,007	2,991	2,990	2,990	2,990	2,990	2,990
FM	5,61	5,54	5,38	7,50	6,62	6,55	6,61	6,62	6,36	6,30	6,83	3,95	3,95	4,36	3,27	3,40
Fo	93,99	94,14	94,28	92,25	93,01	93,05	93,19	92,99	93,10	93,27	92,72	95,47	95,54	95,30	96,31	96,13
Fa	6,01	5,86	5,72	7,75	6,99	6,95	6,81	7,01	6,90	6,73	7,28	4,53	4,46	4,70	3,69	3,87

TABLEAU I-14 Olivines des dunités d'éponte dans le manteau. (*) en inclusion dans les spinelles accessoires.

N°d'anal	19A31	19A32	115N19	115N20	115N21	163A36	163A37	163A39	163A40	168A96	168A97	168A98	170A111	170A112	170A113	115N16*	115N22*
SiO2	41.27	41.14	41.10	40.95	41.08	41.78	40.96	41.11	40.99	41.76	41.90	42.01	42.33	42.46	42.06	41.69	41.92
TiO2	0.02	0.04	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02
Cr2O3	0.00	0.04	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.05	0.00	0.00	0.61	0.40
Al2O3	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	6.77	6.60	5.39	5.65	5.21	7.14	7.04	6.85	6.89	6.61	6.42	6.32	5.48	5.85	6.05	3.75	4.08
MnO	0.12	0.10	0.02	0.04	0.00	0.06	0.11	0.15	0.12	0.07	0.14	0.07	0.09	0.08	0.08	0.00	0.02
MgO	51.52	51.17	53.41	53.44	53.54	51.43	51.59	51.49	51.99	51.75	51.77	51.79	53.35	53.07	52.84	55.18	54.98
CaO	0.03	0.02	0.03	0.00	0.03	0.00	0.04	0.03	0.00	0.03	0.05	0.00	0.02	0.05	0.03	0.01	0.01
NiO	0.30	0.34	0.40	0.41	0.47	0.33	0.32	0.33	0.29	0.30	0.52	0.35	0.44	0.48	0.43	0.36	0.41
Na2O	0.00	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.00	0.03	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
K2O	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.00	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00
Total	100.03	99.48	100.38	100.52	100.40	100.77	100.10	100.02	100.31	100.54	100.84	100.62	101.78	101.99	101.51	101.63	101.83
Si	0.998	1.000	0.986	0.983	0.985	1.003	0.992	0.995	0.990	1.003	1.004	1.007	1.000	1.002	0.999	0.982	0.986
Ti	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cr	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.011	0.007
Al	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	0.137	0.134	0.108	0.113	0.104	0.143	0.143	0.139	0.139	0.133	0.129	0.127	0.108	0.116	0.120	0.074	0.080
Mn	0.003	0.002	0.000	0.001	0.000	0.001	0.002	0.003	0.003	0.001	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000
Mg	1.857	1.853	1.910	1.911	1.914	1.841	1.863	1.858	1.871	1.852	1.849	1.850	1.879	1.868	1.871	1.937	1.928
Ca	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
Ni	0.006	0.007	0.008	0.008	0.009	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.010	0.007	0.008	0.009	0.008	0.007	0.008
Na	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Total	3.001	3.000	3.014	3.017	3.015	2.996	3.008	3.005	3.010	2.997	2.996	2.993	2.999	2.997	3.001	3.012	3.010
FM	6.98	6.85	5.38	5.63	5.17	7.29	7.22	7.09	7.03	6.75	6.65	6.48	5.53	5.90	6.11	3.68	4.01
Fo	92.75	92.84	94.26	94.00	94.40	92.42	92.49	92.61	92.71	92.98	92.88	93.21	94.08	93.68	93.51	95.99	95.62
Fa	7.25	7.16	5.74	6.00	5.60	7.58	7.51	7.39	7.29	7.02	7.12	6.79	5.92	6.32	6.49	4.01	4.38

TABLEAU I-15

Olivines des harzburgites mantelliques

N°d'anal	18A24	18A25	18A26	18A27	21A28	21A29	22A33	22A34	IN13	IN14	140/15	140/16	140/17	140/18	140/19	161/44	161/45	163/50
SiO ₂	41,41	41,20	41,32	41,55	40,81	41,36	40,92	40,32	40,61	41,19	41,87	41,39	40,81	40,92	41,42	41,41	41,72	41,15
TiO ₂	0,05	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,04	0,01	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,04	0,01	0,02	0,00
Cr ₂ O ₃	0,04	0,02	0,05	0,08	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	0,00	0,43	0,49	0,00	0,04	0,01	0,00	0,03	0,00
Al ₂ O ₃	0,02	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,03	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
FeO	7,37	7,82	6,32	5,77	8,58	8,16	7,47	7,89	7,95	7,56	6,89	7,07	8,09	8,25	8,45	9,13	8,46	8,09
MnO	0,09	0,25	0,04	0,06	0,17	0,16	0,02	0,19	0,13	0,12	0,06	0,18	0,08	0,08	0,15	0,16	0,08	0,18
MgO	50,30	50,82	51,46	51,90	49,89	49,75	50,24	50,31	50,48	47,75	51,56	51,81	50,85	50,43	50,42	50,08	50,38	50,51
CaO	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,03	0,01	0,04	0,05	0,02	0,02	0,04	0,03	0,02	0,03
NiO	0,42	0,41	0,23	0,34	0,26	0,34	0,28	0,31	0,24	0,22	0,43	0,56	0,46	0,43	0,42	0,43	0,37	0,29
Na ₂ O	0,06	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,01	0,06	0,01	0,04	0,01	0,01	0,01	0,02	0,00
K ₂ O	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Total	99,77	100,61	99,47	99,71	99,74	99,83	98,98	99,09	99,47	96,90	101,42	101,55	100,39	100,18	100,98	101,27	101,11	100,26
Si	1,006	0,997	1,002	1,003	0,998	1,008	1,002	0,991	0,994	1,028	1,000	0,990	0,991	0,996	1,000	1,000	1,005	0,999
Ti	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
Cr	0,001	0,000	0,001	0,002	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,008	0,009	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000
Al	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe	0,150	0,158	0,128	0,117	0,176	0,166	0,153	0,162	0,163	0,158	0,138	0,141	0,164	0,168	0,171	0,184	0,170	0,164
Mn	0,002	0,005	0,001	0,001	0,004	0,003	0,000	0,004	0,003	0,003	0,001	0,004	0,002	0,002	0,003	0,003	0,002	0,004
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	1,835	1,848	1,840	1,829	1,815	1,802	1,809	1,827
Ca	1,822	1,832	1,860	1,867	1,819	1,807	1,834	1,843	1,841	1,777	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Ni	0,008	0,008	0,005	0,007	0,005	0,007	0,006	0,006	0,005	0,005	0,008	0,011	0,009	0,008	0,008	0,008	0,007	0,006
Na	0,003	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,003	0,000	0,002	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000
K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Total	2,994	3,003	2,997	2,996	3,002	2,992	2,997	3,008	3,007	2,971	2,996	3,005	3,009	3,004	2,999	3,000	2,995	3,001
FM	7,68	8,18	6,49	5,93	8,97	8,58	7,72	8,27	8,24	8,28	7,03	7,28	8,28	8,48	8,74	9,42	8,68	8,42
Fo	91,94	91,45	93,30	93,76	90,80	91,11	92,03	91,45	91,55	91,51	92,59	92,22	91,31	91,14	90,89	90,20	90,98	91,32
Fa	8,06	8,55	6,70	6,24	9,20	8,89	7,97	8,55	8,45	8,49	7,41	7,78	8,69	8,86	9,11	9,80	9,02	8,68

TABLEAU I-15 (SUITE)

Olivines des harzburgites mantelliques

N° d'anal	122A16	122A17	273/81	273/82	273/88	10/64	265/65	265/66	262/78	262/79	167A84	167A85	167A86	171A114	171A115	171A116	172A130	172A131	172A132
SiO ₂	42,04	42,45	40,02	40,66	39,55	41,00	40,69	41,15	42,09	42,26	41,47	41,40	41,36	41,81	41,74	41,79	41,44	40,92	41,00
TiO ₂	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00
Cr ₂ O ₃	0,01	0,02	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,02	0,13	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,02	0,14
Al ₂ O ₃	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	0,05
FeO	7,26	7,11	8,14	7,50	7,33	7,82	8,40	8,24	6,75	7,02	8,20	8,71	8,46	7,72	7,74	7,46	7,67	7,21	6,87
MnO	0,05	0,02	0,09	0,00	0,10	0,09	0,16	0,15	0,04	0,23	0,01	0,14	0,09	0,21	0,04	0,02	0,16	0,21	0,04
MgO	52,08	51,85	51,69	51,66	52,70	53,12	50,46	50,80	51,92	51,70	50,12	49,77	50,41	50,50	50,77	50,68	51,91	51,49	52,60
CaO	0,04	0,03	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
NiO	0,43	0,29	0,80	0,61	0,58	0,60	0,34	0,47	0,36	0,58	0,27	0,18	0,37	0,40	0,32	0,36	0,18	0,44	0,31
Na ₂ O	0,03	0,00	0,00	0,02	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,03	0,01	0,00
K ₂ O	0,02	0,00	0,00	0,01	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	101,97	101,78	100,74	100,67	100,50	102,67	100,07	100,86	101,29	101,96	100,09	100,27	100,70	100,66	100,63	100,34	101,41	100,35	101,01
Si	0,999	1,008	0,904	0,919	0,886	0,904	0,992	0,995	1,004	1,004	1,007	1,006	1,001	1,008	1,006	1,009	0,992	0,991	0,984
Ti	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,002	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,003
Al	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Fe	0,144	0,141	0,077	0,071	0,069	0,072	0,171	0,167	0,135	0,140	0,167	0,177	0,171	0,156	0,156	0,151	0,154	0,146	0,138
Mn	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,003	0,003	0,001	0,005	0,000	0,003	0,002	0,004	0,001	0,001	0,003	0,004	0,001
Mg	1,845	1,835	2,011	2,002	2,034	2,017	1,834	1,830	1,846	1,831	1,814	1,803	1,818	1,815	1,824	1,824	1,853	1,857	1,882
Ca	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ni	0,008	0,006	0,007	0,005	0,005	0,005	0,007	0,009	0,007	0,011	0,005	0,003	0,007	0,008	0,006	0,007	0,003	0,009	0,006
Na	0,001	0,000	0,000	0,001	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
K	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Total	3,001	2,991	3,000	3,000	3,000	3,000	3,008	3,005	2,995	2,994	2,993	2,994	2,999	2,992	2,994	2,991	3,008	3,009	3,014
FM	7,68	7,43					8,69	8,49	6,84	7,30	8,42	9,07	8,69	8,10	7,92	7,65	7,80	7,49	6,86
Fo	92,32	92,57	91,88	92,47	92,76	92,37	91,00	91,09	92,84	92,19	91,34	90,78	90,98	91,54	91,80	92,03	92,04	92,12	92,86
Fa	7,30	7,16	8,12	7,53	7,24	7,63	9,00	8,91	7,16	7,81	8,66	9,22	9,02	8,46	8,20	7,97	7,96	7,88	7,14

TABLEAU I-15 (SUITE)

Olivines des harzburgites mantelliques

N°d'anal	163/51	166/59	166/60	171/70	171/71	171/72	171/73	176/90	176/91	177/98	177/99	75A49	75A50	75A51	20/78	20/79	20/80	27/84	27/85
SiO ₂	41.54	41.15	41.23	41.18	41.39	41.47	40.89	41.19	41.33	41.35	41.34	41.75	41.39	41.43	41.68	41.92	41.55	41.55	41.08
TiO ₂	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02
Cr ₂ O ₃	0.00	0.03	0.00	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.05	0.00
Al ₂ O ₃	0.00	0.01	0.00	0.00	0.07	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.02	0.03	0.00	0.03
FeO	8.33	8.00	8.24	8.25	8.13	8.36	8.45	8.62	8.20	8.45	8.13	8.53	8.96	8.34	7.52	7.91	8.22	8.73	8.62
MnO	0.12	0.08	0.17	0.07	0.14	0.17	0.11	0.09	0.30	0.07	0.08	0.13	0.11	0.12	0.17	0.11	0.13	0.14	0.04
MgO	50.59	50.05	50.25	49.78	49.87	49.28	49.54	50.11	50.33	50.11	50.25	50.76	51.01	51.12	50.35	49.27	49.74	49.39	49.32
CaO	0.02	0.00	0.05	0.03	0.01	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.04	0.01	0.03
NiO	0.49	0.46	0.36	0.24	0.40	0.28	0.27	0.41	0.40	0.40	0.35	0.39	0.33	0.33	0.38	0.32	0.30	0.35	0.39
Na ₂ O	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	0.03	0.04	0.01	0.03	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
K ₂ O	0.00	0.02	0.00	0.03	0.01	0.02	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.06
Total	101.15	99.82	100.31	99.61	100.08	99.62	99.39	100.48	100.66	100.40	100.20	101.58	101.84	101.39	100.21	99.56	100.03	100.22	99.66
Si	1.001	1.003	1.001	1.006	1.006	1.013	1.002	1.000	1.001	1.003	1.003	1.002	0.993	0.996	1.009	1.021	1.010	1.010	1.005
Ti	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cr	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.000
Al	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001
Fe	0.168	0.163	0.167	0.169	0.165	0.171	0.173	0.175	0.166	0.172	0.165	0.171	0.180	0.168	0.152	0.161	0.167	0.178	0.176
Mn	0.003	0.002	0.004	0.001	0.003	0.004	0.002	0.002	0.006	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.003	0.002	0.003	0.003	0.001
Mg	1.816	1.818	1.818	1.812	1.807	1.794	1.810	1.813	1.816	1.812	1.818	1.815	1.824	1.831	1.816	1.788	1.802	1.790	1.799
Ca	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001
Ni	0.010	0.009	0.007	0.005	0.008	0.006	0.005	0.008	0.008	0.008	0.007	0.007	0.006	0.006	0.008	0.006	0.006	0.007	0.008
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003
K	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
Total	2.998	2.997	2.999	2.994	2.993	2.988	2.997	3.000	3.000	2.997	2.997	2.999	3.007	3.004	2.990	2.979	2.989	2.989	2.996
FM	8.58	8.31	8.59	8.58	8.51	8.85	8.83	8.89	8.66	8.71	8.40	8.74	9.08	8.49	7.89	8.37	8.61	9.16	8.97
Fo	90.99	91.28	91.09	91.21	91.13	90.89	90.92	90.74	90.99	90.93	91.29	90.92	90.63	91.22	91.76	91.34	91.12	90.53	90.68
Fa	9.01	8.72	8.91	8.79	8.87	9.11	9.08	9.26	9.01	9.07	8.71	9.08	9.37	8.78	8.24	8.66	8.88	9.47	9.32

TABLEAU I-15 (SUITE)

Olivines des harzburgites mantelliques

N°d'anal	264/21	264/22	270/26	270/30	270/36	276/37	276/38	276/45	276/47	278/57	278/58	265/63	265/64	173/26	173/18	173/21	173/22	122A6	122A7
SiO2	40,61	40,92	40,96	41,20	41,30	41,71	41,01	40,52	41,06	41,04	41,38	40,87	40,96	41,05	41,19	40,40	41,11	42,33	42,05
TiO2	0,01	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01
Cr2O3	0,00	0,06	0,06	0,05	0,02	0,15	0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,01
Al2O3	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00
FeO	7,98	8,04	7,97	8,36	7,91	6,80	6,48	8,21	7,61	8,11	7,99	8,12	7,69	8,54	7,34	8,74	8,70	7,81	7,83
MnO	0,11	0,08	0,17	0,10	0,00	0,12	0,13	0,10	0,19	0,21	0,15	0,00	0,10	0,12	0,03	0,00	0,02	0,02	0,15
MgO	50,22	50,97	51,04	50,49	50,23	51,71	51,48	50,77	50,86	51,18	50,45	50,65	50,48	50,21	51,35	51,52	50,79	51,20	51,35
CaO	0,02	0,00	0,00	0,05	0,00	0,02	0,03	0,03	0,05	0,06	0,03	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00
NiO	0,32	0,35	0,51	0,40	0,33	0,37	0,49	0,41	0,30	0,42	0,16	0,52	0,29	0,36	0,40	0,09	0,62	0,30	0,42
Na2O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,06	0,02	0,00	0,04	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
K2O	0,00	0,04	0,03	0,01	0,04	0,01	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03
Total	99,27	100,46	100,75	100,69	99,88	100,88	99,76	100,06	100,14	101,06	100,23	100,18	99,59	100,30	100,34	100,76	101,33	101,71	101,86
Si	0,996	0,992	0,991	0,997	1,005	1,000	0,995	0,988	0,996	0,990	1,003	0,994	0,999	1,000	1,000	0,980	0,990	1,009	1,003
Ti	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cr	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,003	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000
Al	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000
Fe	0,164	0,163	0,161	0,169	0,161	0,136	0,131	0,167	0,155	0,164	0,162	0,165	0,157	0,200	0,100	0,200	0,200	0,156	0,156
Mn	0,002	0,002	0,003	0,002	0,000	0,003	0,003	0,002	0,004	0,004	0,003	0,000	0,002	0,000	0,000	0,004	0,000	0,001	0,003
Mg	1,835	1,842	1,841	1,822	1,821	1,848	1,862	1,845	1,840	1,841	1,823	1,836	1,835	1,920	1,850	1,860	1,830	1,819	1,825
Ca	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
Ni	0,006	0,007	0,010	0,008	0,006	0,007	0,010	0,008	0,006	0,008	0,003	0,010	0,006	0,010	0,010	0,010	0,010	0,006	0,008
Na	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,003	0,001	0,000	0,002	0,002	0,000	0,000	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
K	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001
Total	3,004	3,008	3,009	3,001	2,997	2,998	3,006	3,012	3,003	3,010	2,997	3,006	3,001	3,000	3,000	3,020	3,010	2,991	2,998
FM	8,29	8,21	8,21	8,59	8,11	6,99	6,72	8,41	7,93	8,36	8,30	8,26	7,97	8,82	7,46	8,69	8,79	8,17	8,39
Fo	91,43	91,48	91,33	91,06	91,59	92,68	92,84	91,22	91,80	91,27	91,55	91,28	91,78	90,86	92,19	91,23	90,67	91,83	91,61
Fa	8,57	8,52	8,67	8,94	8,41	7,32	7,16	8,78	8,20	8,73	8,45	8,72	8,22	9,14	7,81	8,77	9,33	7,91	8,02

TABLEAU I-15 (SUITE)

Olivines des harzburgites mantelliques

N°d'anal	27/86	21/97	21/98	21/100	21/101	173/18	173/21	173/22	173/24	259/40	16/31	16/32	16/33	16/34	16/123	259/42	259/69	173/24	264/20
SiO2	41,21	41,38	41,72	41,17	41,85	41,19	40,40	41,11	40,80	42,18	41,57	41,96	41,23	41,50	39,97	42,26	40,90	40,80	41,17
TiO2	0,00	0,03	0,01	0,00	0,05	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,01	0,00	0,04	0,00	0,00	0,02	0,01	0,02	0,00
Cr2O3	0,03	0,00	0,04	0,17	0,02	0,00	0,00	0,03	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00	0,03	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00
Al2O3	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,03	0,00	0,04	0,01
FeO	8,84	8,46	8,04	7,81	8,42	7,34	8,74	8,70	8,30	7,02	7,79	7,71	7,64	7,64	7,49	6,76	7,49	8,30	8,04
MnO	0,21	0,11	0,16	0,18	0,03	0,03	0,00	0,02	0,10	0,08	0,18	0,08	0,03	0,11	0,09	0,09	0,05	0,10	0,22
MgO	48,93	49,55	49,60	50,71	49,43	51,35	51,52	50,79	50,50	51,08	50,08	50,57	49,56	50,18	51,16	51,21	49,87	50,50	50,56
CaO	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,06	0,01	0,02	nd	0,02	0,05	0,00	0,01
NiO	0,34	0,33	0,43	0,29	0,25	0,40	0,09	0,62	0,20	0,50	0,35	0,32	0,44	0,44	0,31	0,56	0,43	0,20	0,19
Na2O	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,05	nd	0,00	0,00	0,00	0,00
K2O	0,04	0,04	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	0,00	nd	0,01	0,00	0,00	0,00
Total	99,73	99,89	99,99	100,35	100,05	100,34	100,76	101,33	100,62	100,96	100,04	100,76	98,95	100,03	99,01	101,00	98,84	100,62	100,20
Si	1,009	1,008	1,014	0,998	1,016	1,000	0,980	0,990	0,990	1,010	1,010	1,010	1,010	1,010	0,980	1,010	1,000	0,990	0,999
Ti	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cr	0,001	0,000	0,001	0,003	0,000	0,000	0,010	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000
Al	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000
Fe	0,181	0,172	0,163	0,158	0,171	0,100	0,200	0,200	0,200	0,140	0,160	0,160	0,160	0,160	0,150	0,140	0,150	0,200	0,163
Mn	0,004	0,002	0,003	0,004	0,001	0,000	0,004	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,005
Mg	1,785	1,800	1,796	1,832	1,789	1,850	1,860	1,830	1,820	1,820	1,810	1,810	1,810	1,810	1,870	1,830	1,820	1,820	1,829
Ca	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ni	0,007	0,007	0,008	0,006	0,005	0,010	0,010	0,010	0,000	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,000	0,004
Na	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
K	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
Total	2,992	2,991	2,986	3,001	2,983	3,000	3,020	3,010	3,010	2,990	2,990	2,990	2,990	2,990	3,020	2,990	2,990	3,010	3,000
FM	9,40	8,84	8,49	8,13	8,75	7,46	8,69	8,79	8,63	7,24	8,20	7,96	7,99	7,98	7,68	6,99	7,82	91,19	8,40
Fo	90,29	90,86	91,12	91,61	91,02	92,19	91,23	90,67	91,19	92,31	91,48	91,76	91,60	91,62	92,05	92,50	91,79	8,81	91,43
Fa	9,71	9,14	8,88	8,39	8,98	7,81	8,77	9,33	8,81	7,69	8,52	8,24	8,40	8,38	7,95	7,50	8,21	8,63	8,57

TABLEAU I-16

Olivines des werhlites et harzburgites (*) cumulatives.

N°d'anal.	14M185	14M95	14M98	14M101	115A188	115A189	115A190	12M32	12M37	6M46	6M48	14/16*	14/22*110A135*110A136*110A137*110A139*110A141*					
SiO2	40,19	41,40	41,42	40,16	41,04	41,32	41,04	41,88	41,70	41,50	41,50	41,18	41,86	40,80	41,05	41,02	40,64	40,92
TiO2	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,06	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr2O3	0,00	0,12	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,05	0,03	0,00	0,06	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al2O3	0,00	0,00	0,01	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00
FeO	11,60	11,09	11,44	11,81	11,89	12,23	11,77	8,91	9,03	9,66	8,57	9,85	9,83	11,81	11,24	11,60	12,42	11,64
MnO	0,21	0,11	0,19	0,22	0,04	0,26	0,21	0,09	0,14	0,09	0,07	0,14	0,13	0,25	0,10	0,16	0,25	0,20
MgO	46,91	47,53	47,57	47,93	47,82	47,45	47,78	50,07	50,49	49,56	50,10	49,16	49,01	47,87	48,02	48,30	47,93	48,16
CaO	nd	0,01	0,04	0,02	0,00	0,07	0,00	0,05	0,03	0,00	0,06	0,04	0,05	0,03	0,10	0,05	0,09	0,08
NiO	0,14	0,31	0,16	0,16	0,21	0,22	0,23	0,41	0,31	0,26	0,35	0,38	0,41	0,20	0,22	0,16	0,15	0,30
Na2O	nd	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,04	0,01	0,01	0,01	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K2O	nd	0,02	0,01	0,00	0,02	0,01	0,00	0,03	0,01	0,00	0,06	0,00	0,03	0,00	0,02	0,05	0,01	0,01
Total	99,06	100,57	100,84	100,42	101,03	101,56	101,07	101,53	101,76	101,06	100,79	100,86	101,40	100,97	100,78	101,35	101,50	101,30
Si	1,000	1,010	1,010	0,990	1,004	1,007	1,004	1,007	1,001	1,005	1,004	1,001	1,011	1,000	1,004	1,000	0,994	0,999
Ti	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Al	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
Fe	0,240	0,230	0,230	0,240	0,243	0,249	0,241	0,179	0,181	0,196	0,173	0,200	0,199	0,242	0,230	0,236	0,254	0,238
Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,005	0,004	0,002	0,003	0,002	0,001	0,003	0,003	0,005	0,002	0,003	0,005	0,004
Mg	1,740	1,730	1,730	1,760	1,743	1,724	1,742	1,794	1,806	1,788	1,806	1,782	1,765	1,748	1,751	1,755	1,747	1,752
Ca	nd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,001	0,001	0,000	0,002	0,001	0,001	0,001	0,003	0,001	0,002	0,002
Ni	0,000	0,010	0,000	0,000	0,004	0,004	0,005	0,008	0,006	0,005	0,007	0,007	0,008	0,004	0,004	0,003	0,003	0,006
Na	nd	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,002	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
K	nd	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,002	0,000	0,001	0,000	0,001	0,002	0,000	0,000
Total	3,000	2,990	2,990	3,010	2,997	2,993	2,997	2,994	2,999	2,995	2,997	2,997	2,990	3,000	2,995	3,001	3,006	3,001
FM	12,38	11,67	7,00	12,35	12,28	12,87	12,34	9,16	9,25	9,94	8,82	10,24	10,24	12,39	11,70	12,02	12,92	12,12
Fo	87,50	88,06	87,79	87,51	87,54	86,94	87,46	90,47	90,48	89,84	90,87	89,42	89,39	87,44	88,11	87,84	86,95	87,62
Fa	12,50	11,94	12,21	12,49	12,46	13,06	12,54	9,53	9,52	10,16	9,13	10,58	10,61	12,56	11,89	12,16	13,05	12,38

TABLEAU I-17

Différentes olivines dans le massif de Tropic.

Olivines des Px flonitiennes et cumul (*) Olivines incluses dans les spinelles accessoires des dunites cumul., dunites (*) et harzburgites (*) mantel.													Olivines interstitielles des chromitites cumulatives												
N° d'anal124A151 124A152 78A63* 78A64* 107A136 74A31* 74A32* 166A76* 173A140* 173A141* 167A91* 171A117* 172A126* 159/135° 259/41°													33A51 33A52 33A59 33A60 33A61 129A76 129A77 129A78 129A79												
SiO2	41,93	41,09	39,78	39,39	41,98	41,95	42,43	41,28	41,68	41,61	40,18	41,43	41,39	41,48	42,14	41,88	41,66	41,76	41,58	41,72	42,21	42,58	42,67	42,75	
TiO2	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,02	0,00	0,03	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,04	0,00	0,00	0,00	
Cr2O3	0,00	0,02	0,00	0,03	0,57	0,33	0,13	0,32	0,13	0,23	0,42	0,15	0,14	0,14	0,24	0,00	0,11	0,23	0,01	0,08	0,00	0,00	0,09	0,07	
Al2O3	0,00	0,04	0,01	0,01	0,04	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	
FeO	8,57	8,65	16,89	17,15	3,46	6,05	6,27	6,95	6,13	5,00	6,75	6,41	6,25	6,72	6,23	5,62	5,62	6,28	6,37	5,77	53,83	53,44	54,03	54,50	
MnO	0,19	0,20	0,41	0,39	0,01	0,03	0,13	0,11	0,08	0,01	0,14	0,11	0,11	0,04	0,02	0,13	0,05	0,18	0,00	0,16	3,92	4,37	4,14	3,66	
MgO	50,39	50,38	44,25	44,14	55,28	51,47	51,17	51,78	53,16	53,60	54,23	52,89	52,01	51,35	51,96	51,82	51,88	51,35	51,01	52,04	0,10	0,15	0,01	0,13	
CaO	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,08	0,05	0,05	0,04	0,01	0,03	0,02	0,03	nd	0,01	0,14	0,06	0,07	0,00	0,03	0,52	0,50	0,50	0,67	
NiO	0,31	0,48	0,02	0,07	0,66	0,47	0,53	0,50	0,32	0,19	0,30	0,28	0,16	0,47	0,46	0,32	0,38	0,27	0,23	0,29	0,00	0,01	0,02	0,02	
Na2O	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,04	0,00	0,01	0,00	0,00	nd	0,01	0,00	0,02	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	
K2O	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	nd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Total	101,40	100,87	101,37	101,25	102,01	100,42	100,72	101,00	101,61	100,69	102,05	101,34	100,11	100,25	101,09	99,91	99,78	100,13	99,30	100,13	100,63	101,05	101,48	101,80	
Si	1,007	0,995	0,994	0,988	0,985	1,007	1,015	0,992	0,990	0,992	0,958	0,988	0,998	1,000	1,010	1,008	1,004	1,006	1,009	1,003	1,002	1,008	1,005	1,003	
Ti	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	
Cr	0,000	0,000	0,000	0,001	0,011	0,006	0,003	0,006	0,003	0,004	0,008	0,003	0,003	0,000	0,000	0,000	0,002	0,004	0,000	0,002	0,000	0,000	0,002	0,001	
Al	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Fe	0,172	0,175	0,353	0,360	0,068	0,122	0,126	0,140	0,122	0,100	0,135	0,128	0,126	0,140	0,120	0,113	0,113	0,126	0,129	0,116	1,904	1,885	1,896	1,905	
Mn	0,004	0,004	0,009	0,008	0,000	0,001	0,003	0,002	0,002	0,000	0,003	0,002	0,002	0,000	0,000	0,003	0,001	0,004	0,000	0,003	0,078	0,086	0,081	0,072	
Mg	1,804	1,818	1,648	1,650	1,932	1,842	1,825	1,854	1,883	1,905	1,928	1,881	1,868	1,850	1,850	1,859	1,864	1,844	1,845	1,865	0,002	0,003	0,000	0,003	
Ca	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	nd	0,000	0,004	0,002	0,002	0,000	0,001	0,010	0,010	0,010	0,013	
Ni	0,006	0,009	0,000	0,002	0,013	0,009	0,010	0,010	0,006	0,004	0,006	0,005	0,003	0,010	0,010	0,006	0,007	0,005	0,004	0,006	0,000	0,000	0,001	0,001	
Na	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	nd	0,000	0,000	0,001	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	
K	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	nd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Total	2,993	3,004	3,006	3,011	3,009	2,990	2,984	3,005	3,009	3,005	3,038	3,009	3,001	3,000	2,990	2,992	2,995	2,992	2,992	2,995	2,997	2,992	2,995	2,997	
FM	8,89	8,98	18,00	18,24	3,39	6,22	6,56	7,11	6,16	4,99	6,65	6,47	6,42	6,88	6,32	5,87	5,78	6,59	6,54	6,01	4,02	4,53	4,13	3,76	
Fo	90,83	90,60	81,99	81,70	96,00	93,35	92,95	92,45	93,56	91,84	93,09	93,28	93,43	92,70	93,26	93,84	93,86	93,16	93,25	93,73	95,50	95,01	95,41	95,64	
Fa	9,17	9,40	18,01	18,30	4,00	6,65	7,05	7,55	6,44	5,16	6,91	6,72	6,57	7,30	6,74	6,16	6,14	6,84	6,75	6,27	4,50	4,99	4,59	4,36	

TABLEAU I-18

Orthopyroxènes des harzburgites mantelliques

N°d'anal	259/37	259/38	259/39	259/65	259/66	259/68	259/70	259/71	259/73	173/19	173/20	173/23	122A3	122A4	122A9	122A13	273/89	10/74	10/77	273/79	273/83
SiO ₂	56,86	57,40	56,41	56,50	56,96	55,92	55,90	55,77	56,76	55,90	55,71	57,30	58,43	58,63	58,40	58,60	56,03	57,03	56,51	54,94	55,29
TiO ₂	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	0,07	0,00	0,05	0,00	0,00	0,07	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00	0,07	0,04	0,03
Cr ₂ O ₃	0,81	0,55	0,63	0,65	0,66	0,76	0,48	0,61	0,67	0,52	0,61	0,55	0,42	0,38	0,39	0,32	0,50	0,04	0,21	0,62	0,59
Al ₂ O ₃	2,64	2,22	2,38	2,49	2,58	2,41	2,22	2,41	2,43	2,24	2,32	2,34	0,76	0,71	0,75	0,78	1,84	0,44	1,12	1,73	1,78
FeO	5,09	4,91	5,08	4,68	4,98	5,09	4,94	5,02	4,76	5,69	5,05	5,37	5,29	5,42	5,30	5,08	5,51	5,57	5,34	5,13	5,56
MnO	0,14	0,19	0,14	0,21	0,12	0,07	0,20	0,10	0,18	0,23	0,11	0,14	0,22	0,00	0,08	0,08	0,15	0,07	0,02	0,05	0,21
MgO	33,36	34,26	34,41	33,73	33,88	33,70	34,22	33,83	33,59	34,73	34,90	34,63	35,20	35,80	35,97	35,93	36,66	36,66	36,34	36,00	36,32
CaO	1,21	0,52	0,87	0,86	0,93	0,69	0,72	0,83	2,38	0,74	1,15	0,70	0,95	0,85	0,94	0,79	0,65	0,16	0,48	0,72	0,98
NiO	0,16	0,12	0,26	0,11	0,00	0,12	0,14	0,03	0,10	0,10	0,12	0,20	0,18	0,12	0,11	0,04	0,00	0,14	0,21	0,31	0,00
Na ₂ O	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02
K ₂ O	0,03	0,01	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	0,00	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00
Total	100,33	100,18	100,21	99,24	100,10	98,78	98,88	98,62	100,92	100,18	99,96	101,31	101,44	101,93	102,03	101,67	101,36	100,14	100,29	99,55	100,77
Si	1,950	1,960	1,940	1,950	1,950	1,950	1,940	1,940	1,940	1,930	1,920	1,950	1,982	1,978	1,970	1,978	1,799	1,850	1,833	1,755	1,790
Ti	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000
Cr	0,020	0,010	0,020	0,020	0,020	0,020	0,010	0,020	0,020	0,010	0,020	0,010	0,011	0,010	0,010	0,009	0,007	0,001	0,003	0,009	0,008
Al	0,110	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,090	0,100	0,100	0,090	0,090	0,090	0,030	0,028	0,030	0,031	0,072	0,017	0,045	0,071	0,071
Fe	0,150	0,140	0,150	0,140	0,140	0,150	0,140	0,150	0,140	0,160	0,150	0,150	0,150	0,153	0,150	0,143	0,074	0,076	0,073	0,072	0,076
Mn	0,000	0,010	0,000	0,010	0,000	0,000	0,010	0,000	0,010	0,010	0,000	0,000	0,006	0,000	0,002	0,002	0,002	0,001	0,000	0,001	0,003
Mg	1,710	1,750	1,760	1,740	1,730	1,750	1,770	1,760	1,710	1,780	1,790	1,750	1,779	1,800	1,809	1,807	2,028	2,049	2,030	2,068	2,025
Ca	0,040	0,020	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,090	0,030	0,040	0,030	0,034	0,031	0,034	0,029	0,016	0,004	0,012	0,018	0,024
Ni	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,005	0,003	0,003	0,001	0,000	0,002	0,003	0,004	0,000
Na	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,001	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001
K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000
Total	3,990	3,980	4,000	3,990	3,990	3,990	4,000	4,000	4,000	4,020	4,020	4,000	3,997	4,003	4,012	4,002	4,000	4,000	3,998	4,000	3,998
FM	8,10	7,71	7,84	7,53	7,79	7,91	7,78	7,83	7,63	8,73	7,66	8,20	8,08	7,82	7,74	7,45					
Wo	2,35	0,99	1,64	1,67	1,78	1,33	1,38	1,61	4,50	1,38	2,14	1,31	1,75	1,56	1,71	1,44	1,17	0,29	0,86	1,31	1,75
En	89,74	91,38	90,64	90,93	90,57	90,86	90,95	90,69	88,22	90,01	90,36	90,59	90,32	90,74	90,68	91,21	91,15	91,88	91,58	91,38	90,48
Fs	7,91	7,64	7,71	7,40	7,65	7,81	7,67	7,71	7,28	8,61	7,50	8,10	7,93	7,70	7,61	7,35	7,68	7,83	7,55	7,31	7,77

TABLEAU I-18 (SUITE)

Orthopyroxènes des harzburgites mantelliques

N°d'anal	16/86	264/13	264/14	264/15	264/18	264/23	264/24	264/25	270/27	270/28	270/29	276/42	276/44	276/46	278/53	278/54	278/55	278/56	265/59	265/60	265/61
SiO ₂	58.24	57.02	56.56	56.59	58.08	56.58	56.53	56.68	56.08	56.36	56.42	57.21	56.64	56.76	56.37	56.51	56.48	56.55	56.16	56.58	56.55
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.05	0.00	0.04	0.02
Cr ₂ O ₃	0.43	0.45	0.34	0.43	0.43	0.61	0.42	0.49	0.61	0.65	0.67	0.50	0.46	0.37	0.53	0.56	0.67	0.63	0.71	0.61	0.63
Al ₂ O ₃	1.02	1.60	1.45	1.92	1.90	2.02	2.06	2.01	2.16	2.33	2.25	1.49	1.46	1.28	1.96	1.81	1.85	1.88	2.45	2.51	2.33
FeO	6.02	5.15	5.29	5.22	5.21	5.39	5.38	5.16	5.38	5.45	5.14	5.04	5.03	4.88	4.74	4.85	5.07	4.99	5.26	5.38	5.49
MnO	0.21	0.19	0.16	0.19	0.13	0.10	0.10	0.22	0.04	0.10	0.09	0.14	0.11	0.15	0.16	0.08	0.15	0.14	0.21	0.09	0.03
MgO	35.33	35.56	35.56	34.73	33.02	34.75	34.86	34.77	34.45	34.38	34.69	34.93	34.33	34.62	33.26	34.76	34.84	34.71	34.41	34.82	34.14
CaO	0.72	0.52	0.36	0.50	0.73	0.71	0.68	0.70	0.70	0.59	0.68	0.60	1.26	1.52	2.58	0.65	0.71	0.79	0.60	0.68	0.61
NiO	0.03	0.01	0.12	0.17	0.02	0.01	0.21	0.02	0.06	0.09	0.12	0.00	0.09	0.06	0.03	0.00	0.01	0.16	0.15	0.26	0.07
Na ₂ O	0.03	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	0.00	0.00	0.01	0.02	0.06	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
K ₂ O	0.00	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01
Total	102.02	100.53	99.89	99.77	99.52	100.21	100.23	100.04	99.51	100.07	100.08	99.92	99.41	99.66	99.72	99.24	99.80	99.92	99.94	100.96	99.88
Si	1.969	1.950	1.948	1.951	1.997	1.944	1.942	1.948	1.940	1.940	1.939	1.965	1.961	1.960	1.951	1.954	1.946	1.947	1.935	1.931	1.947
Ti	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000
Cr	0.011	0.012	0.009	0.012	0.012	0.017	0.011	0.013	0.017	0.018	0.018	0.014	0.013	0.010	0.015	0.015	0.018	0.017	0.019	0.016	0.017
Al	0.041	0.064	0.059	0.078	0.077	0.082	0.083	0.081	0.088	0.095	0.091	0.061	0.060	0.052	0.080	0.074	0.075	0.076	0.100	0.101	0.095
Fe	0.170	0.147	0.153	0.150	0.150	0.155	0.155	0.148	0.156	0.157	0.148	0.145	0.146	0.141	0.137	0.140	0.146	0.144	0.152	0.154	0.158
Mn	0.006	0.005	0.005	0.006	0.004	0.003	0.003	0.006	0.001	0.003	0.003	0.004	0.003	0.005	0.005	0.002	0.004	0.004	0.006	0.003	0.001
Mg	1.780	1.812	1.826	1.784	1.692	1.779	1.785	1.781	1.777	1.764	1.777	1.788	1.772	1.782	1.715	1.791	1.790	1.781	1.767	1.771	1.753
Ca	0.026	0.019	0.013	0.019	0.027	0.026	0.025	0.026	0.026	0.022	0.025	0.022	0.047	0.056	0.096	0.024	0.026	0.029	0.022	0.025	0.023
Ni	0.001	0.000	0.003	0.005	0.001	0.000	0.006	0.001	0.002	0.003	0.003	0.000	0.003	0.002	0.001	0.000	0.000	0.004	0.004	0.007	0.002
Na	0.002	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.000	0.000	0.001	0.001	0.004	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Total	4.006	4.012	4.018	4.004	3.959	4.006	4.010	4.004	4.008	4.006	4.005	3.998	4.003	4.009	4.004	4.001	4.007	4.006	4.005	4.009	3.996
FM	9.01	7.77	7.93	8.03	8.33	8.14	8.11	7.98	8.11	8.31	7.80	7.69	7.75	7.54	7.64	7.36	7.75	7.66	8.19	8.10	8.32
Wo	1.31	0.96	0.66	0.95	1.44	1.34	1.26	1.31	1.32	1.13	1.29	1.12	2.37	2.83	4.89	1.22	1.34	1.49	1.13	1.28	1.17
En	89.79	91.35	91.46	91.09	90.36	90.63	90.73	90.81	90.67	90.66	91.01	91.27	90.06	89.84	87.84	91.50	91.01	90.97	90.77	90.72	90.61
Fs	8.90	7.69	7.88	7.96	8.21	8.04	8.01	7.88	8.01	8.21	7.70	7.61	7.57	7.33	7.27	7.27	7.65	7.54	8.09	8.00	8.23

TABLEAU I-18 (SUITE)

Orthopyroxènes des harzburgites mantelliques

N° d'anal	265/62	262/70	262/71	262/76	262/77	16/85	164A47	164A48	164A49	165A54	165A55	165A56	167A82	167A83	167A87	171A122	171A123	172A124	172A125	172A133	172A134
SiO ₂	56,24	57,72	57,53	57,57	57,30	58,12	57,75	57,10	57,41	58,63	58,70	58,52	57,95	58,08	57,85	57,45	57,89	57,67	57,23	57,06	57,47
TiO ₂	0,00	0,00	0,03	0,06	0,02	0,00	0,08	0,00	0,02	0,04	0,02	0,06	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,09	0,06	0,03	0,00
Cr ₂ O ₃	0,51	0,53	0,54	0,62	0,49	0,53	0,48	0,53	0,50	0,33	0,41	0,32	0,41	0,49	0,48	0,49	0,49	0,46	0,52	0,23	0,14
Al ₂ O ₃	2,48	1,56	1,69	1,57	1,78	1,15	1,94	2,07	1,93	0,54	0,61	0,59	1,19	1,21	1,09	1,24	1,22	1,82	1,80	1,36	1,11
FeO	5,13	5,19	5,36	5,18	5,38	5,80	5,27	6,02	5,68	4,52	4,48	4,47	5,39	5,65	5,19	4,86	4,77	5,19	5,48	5,60	5,55
MnO	0,13	0,21	0,21	0,11	0,14	0,15	0,17	0,23	0,15	0,19	0,13	0,03	0,17	0,11	0,06	0,08	0,18	0,13	0,03	0,12	0,03
MgO	34,19	34,86	34,66	33,99	35,32	35,21	34,03	34,39	34,30	35,96	36,00	36,32	35,04	34,57	35,13	35,55	34,45	34,56	34,86	35,46	35,73
CaO	0,89	0,68	0,57	2,08	0,80	0,94	1,68	0,55	0,58	0,53	1,00	0,83	0,60	0,76	0,68	0,70	1,76	0,62	0,66	0,43	0,38
NiO	0,00	0,10	0,20	0,01	0,11	0,20	0,13	0,17	0,08	0,01	0,00	0,03	0,11	0,01	0,07	0,08	0,10	0,06	0,06	0,00	0,10
Na ₂ O	0,00	0,00	0,03	0,01	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00	0,06	0,11	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00
K ₂ O	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
Total	99,56	100,87	100,83	101,19	101,35	102,13	101,55	101,09	100,68	100,80	101,46	101,20	100,86	100,91	100,57	100,47	100,87	100,63	100,71	100,28	100,54
Si	1,942	1,966	1,963	1,962	1,947	1,964	1,960	1,949	1,962	1,989	1,982	1,979	1,974	1,979	1,975	1,962	1,974	1,967	1,955	1,957	1,965
Ti	0,000	0,000	0,001	0,002	0,000	0,000	0,002	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001	0,000
Cr	0,014	0,014	0,015	0,017	0,013	0,014	0,013	0,014	0,013	0,009	0,011	0,009	0,011	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,014	0,006	0,004
Al	0,101	0,063	0,068	0,063	0,071	0,046	0,078	0,084	0,078	0,022	0,024	0,023	0,048	0,049	0,044	0,050	0,049	0,073	0,072	0,055	0,045
Fe	0,148	0,148	0,153	0,148	0,153	0,164	0,150	0,172	0,162	0,128	0,126	0,126	0,153	0,161	0,148	0,139	0,136	0,148	0,156	0,161	0,159
Mn	0,004	0,006	0,006	0,003	0,004	0,004	0,005	0,007	0,004	0,006	0,004	0,001	0,005	0,003	0,002	0,002	0,005	0,004	0,001	0,003	0,001
Mg	1,759	1,770	1,763	1,726	1,789	1,773	1,721	1,750	1,747	1,818	1,812	1,831	1,779	1,756	1,787	1,810	1,751	1,756	1,774	1,812	1,821
Ca	0,033	0,025	0,021	0,076	0,029	0,034	0,061	0,020	0,021	0,019	0,036	0,030	0,022	0,028	0,025	0,026	0,064	0,023	0,024	0,016	0,014
Ni	0,000	0,003	0,006	0,000	0,003	0,006	0,004	0,005	0,002	0,000	0,000	0,001	0,003	0,000	0,002	0,002	0,003	0,002	0,002	0,000	0,003
Na	0,000	0,000	0,002	0,001	0,000	0,002	0,001	0,000	0,000	0,004	0,007	0,002	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,001	0,002	0,000	0,000
K	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Total	4,001	3,995	3,996	3,997	4,010	4,007	3,994	4,002	3,992	3,996	4,003	4,004	3,996	3,990	3,997	4,006	3,995	3,989	4,002	4,011	4,011
FM	7,94	7,99	8,28	8,04	8,07	8,66	8,24	9,27	8,71	6,85	6,70	6,49	8,18	8,54	7,74	7,22	7,45	7,95	8,14	8,29	8,06
Wo	1,70	1,28	1,07	3,88	1,48	1,72	3,16	1,03	1,10	0,97	1,84	1,51	1,12	1,42	1,27	1,29	3,28	1,18	1,23	0,78	0,70
En	90,50	90,83	90,74	88,39	90,56	89,77	88,87	89,80	90,28	92,25	91,59	92,09	90,79	90,16	91,09	91,58	89,51	90,97	90,73	90,99	91,29
Fs	7,80	7,89	8,19	7,73	7,95	8,51	7,98	9,17	8,62	6,78	6,58	6,39	8,09	8,42	7,64	7,13	7,21	7,85	8,04	8,23	8,01

TABLEAU I-18 (SUITE)

Orthopyroxènes des harzburgites mantelliques

N°d'anal	172A135	171A121	142/38	142/39	142/40	161/41	161/42	161/43	140/5	140/6	140/7	140/8	163/54	163/55	163/56	166/61	166/62	176/83	176/84	176/86	176/87
SiO ₂	56,79	57,85	57,00	57,38	56,95	56,41	56,31	56,53	57,58	57,38	57,51	57,75	56,79	56,93	57,33	56,38	56,49	56,68	56,16	56,26	56,50
TiO ₂	0,00	0,02	0,07	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,07	0,00	0,00
Cr ₂ O ₃	0,36	0,52	0,48	0,40	0,32	0,51	0,54	0,49	0,41	0,46	0,38	0,50	0,50	0,46	0,58	0,58	0,54	0,53	0,51	0,62	0,66
Al ₂ O ₃	1,76	1,28	0,86	0,80	0,81	2,22	2,21	2,25	0,79	0,84	0,80	0,83	1,80	1,80	1,85	1,96	1,97	2,20	2,24	2,34	2,45
FeO	5,54	5,15	5,49	5,29	5,14	5,78	5,94	5,51	5,76	5,68	5,37	5,59	5,70	5,44	5,76	5,26	5,37	5,72	5,87	5,53	5,55
MnO	0,09	0,14	0,03	0,07	0,16	0,13	0,21	0,14	0,06	0,12	0,04	0,20	0,09	0,16	0,15	0,15	0,07	0,18	0,15	0,00	0,11
MgO	35,53	35,24	34,18	34,18	34,34	33,95	34,02	33,81	35,39	35,05	33,58	34,06	34,47	34,48	33,92	34,20	34,23	33,88	33,78	33,80	33,57
CaO	0,54	0,74	1,51	1,66	1,33	1,01	1,08	0,98	0,69	1,44	1,96	2,46	0,95	1,02	1,04	0,84	0,79	0,91	1,05	1,33	0,77
NiO	0,02	0,13	0,14	0,13	0,11	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,14	0,04	0,08	0,16	0,04	0,02	0,00	0,00	0,12
Na ₂ O	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03	0,00	0,04	0,01	0,00	0,02
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	0,03
Total	100,64	101,06	99,85	99,94	99,19	100,04	100,38	99,72	100,69	100,99	99,75	101,41	100,44	100,32	100,72	99,55	99,51	100,16	99,88	99,88	99,79
Si	1,943	1,967	1,970	1,979	1,976	1,945	1,939	1,951	1,969	1,962	1,987	1,971	1,950	1,954	1,962	1,950	1,953	1,951	1,942	1,942	1,950
Ti	0,000	0,000	0,002	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,000	0,000
Cr	0,010	0,014	0,013	0,011	0,009	0,014	0,015	0,013	0,011	0,013	0,010	0,014	0,014	0,012	0,016	0,016	0,015	0,014	0,014	0,017	0,018
Al	0,071	0,051	0,035	0,033	0,033	0,090	0,090	0,091	0,032	0,034	0,033	0,033	0,073	0,073	0,075	0,080	0,080	0,089	0,091	0,095	0,100
Fe	0,159	0,146	0,159	0,153	0,149	0,167	0,171	0,159	0,165	0,163	0,155	0,160	0,164	0,156	0,165	0,152	0,155	0,165	0,170	0,160	0,160
Mn	0,003	0,004	0,001	0,002	0,005	0,004	0,006	0,004	0,002	0,004	0,001	0,006	0,003	0,005	0,004	0,005	0,002	0,005	0,004	0,000	0,003
Mg	1,812	1,786	1,761	1,757	1,776	1,745	1,746	1,740	1,804	1,787	1,729	1,733	1,764	1,764	1,730	1,763	1,764	1,738	1,740	1,739	1,727
Ca	0,020	0,027	0,056	0,061	0,050	0,037	0,040	0,036	0,025	0,053	0,073	0,090	0,035	0,038	0,038	0,031	0,029	0,034	0,039	0,049	0,029
Ni	0,001	0,004	0,004	0,004	0,003	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,004	0,001	0,002	0,005	0,001	0,001	0,000	0,000	0,003
Na	0,000	0,000	0,007	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,002	0,000	0,002	0,001	0,000	0,002
K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001
Total	4,017	4,000	4,007	3,999	4,002	4,004	4,009	3,996	4,009	4,015	3,991	4,006	4,007	4,003	3,993	4,003	4,000	3,998	4,005	4,002	3,993
FM	8,17	7,76	8,30	8,09	7,98	8,89	9,21	8,58	8,45	8,51	8,29	8,72	8,61	8,35	8,90	8,16	8,20	8,90	9,10	8,40	8,66
Wo	1,00	1,37	2,83	3,11	2,51	1,91	2,03	1,88	1,26	2,62	3,71	4,52	1,78	1,91	1,97	1,59	1,51	1,73	2,00	2,52	1,49
En	90,92	90,97	89,11	89,05	89,71	89,36	88,95	89,70	90,39	89,09	88,30	87,15	89,76	89,89	89,31	90,38	90,42	89,53	89,09	89,29	89,98
Fs	8,09	7,66	8,06	7,84	7,78	8,72	9,03	8,42	8,34	8,28	7,98	8,33	8,46	8,19	8,72	8,03	8,07	8,75	8,91	8,19	8,53

TABLEAU I-18 (SUITE)

Orthopyroxènes des harzburgites mantelliques

N°d'anal	176/88	176/89	177/92	177/93	1N12	1N113	1N114	3N124	3N125	3N131	3N132	11N135	11N137	9N150	9N151	9N152	9N153	9N154	9N155	9N156	9N157
SiO ₂	56.16	56.85	57.02	57.14	56.57	57.40	57.60	57.80	57.45	57.66	57.39	57.68	57.63	57.82	58.22	58.10	57.62	58.22	57.98	57.43	58.31
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Cr ₂ O ₃	0.57	0.57	0.52	0.51	0.48	0.49	0.42	0.50	0.43	0.53	0.64	0.42	0.36	0.57	0.31	0.35	0.62	0.59	0.38	0.38	0.30
Al ₂ O ₃	2.46	2.29	1.69	1.68	1.26	1.33	1.34	1.26	1.28	1.56	1.33	1.33	1.36	1.54	1.34	1.41	1.31	1.55	1.27	1.19	1.28
FeO	5.62	5.73	5.54	5.32	4.65	5.27	5.06	5.89	5.90	5.68	6.18	6.07	5.93	6.11	5.91	5.97	6.07	5.94	5.91	6.08	6.22
MnO	0.10	0.02	0.10	0.15	0.16	0.09	0.13	0.18	0.14	0.11	0.16	0.07	0.09	0.21	0.15	0.11	0.16	0.07	0.06	0.29	0.10
MgO	34.29	33.78	34.18	34.16	33.91	33.76	33.92	34.45	34.61	34.44	34.52	34.44	34.37	34.85	35.12	35.16	34.90	35.00	34.59	35.10	35.01
CaO	0.75	0.79	1.67	0.90	0.96	1.34	1.97	0.71	0.68	0.97	0.70	0.88	0.89	0.82	0.27	0.38	0.95	0.54	1.31	0.73	0.35
NiO	0.10	0.09	0.11	0.00	0.14	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Na ₂ O	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00
K ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.04	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.02	0.01
Total	100.08	100.14	100.82	99.88	98.14	99.69	100.44	100.87	100.50	100.98	100.95	100.97	100.62	101.94	101.33	101.50	101.66	101.93	101.52	101.23	101.60
Si	1.935	1.955	1.953	1.966	1.977	1.979	1.974	1.974	1.969	1.966	1.963	1.970	1.972	1.958	1.975	1.969	1.958	1.966	1.969	1.959	1.975
Ti	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cr	0.016	0.016	0.014	0.014	0.013	0.013	0.011	0.014	0.012	0.014	0.017	0.011	0.010	0.015	0.008	0.009	0.017	0.016	0.010	0.010	0.008
Al	0.100	0.093	0.068	0.068	0.052	0.054	0.054	0.051	0.052	0.063	0.054	0.054	0.055	0.062	0.054	0.056	0.053	0.062	0.051	0.048	0.051
Fe	0.162	0.165	0.159	0.153	0.136	0.152	0.145	0.168	0.169	0.162	0.177	0.173	0.170	0.173	0.168	0.169	0.173	0.168	0.168	0.174	0.176
Mn	0.003	0.001	0.003	0.004	0.005	0.003	0.004	0.005	0.004	0.003	0.005	0.002	0.003	0.006	0.004	0.003	0.005	0.002	0.002	0.008	0.003
Mg	1.761	1.731	1.745	1.752	1.767	1.735	1.732	1.753	1.768	1.750	1.760	1.753	1.753	1.759	1.776	1.776	1.767	1.762	1.751	1.785	1.768
Ca	0.028	0.029	0.061	0.033	0.036	0.050	0.072	0.026	0.025	0.035	0.026	0.032	0.033	0.030	0.010	0.014	0.035	0.020	0.048	0.027	0.013
Ni	0.003	0.003	0.003	0.000	0.004	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Na	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001
Total	4.008	3.991	4.006	3.992	3.990	3.987	3.994	3.993	3.999	3.995	4.002	3.998	3.995	4.003	3.994	3.998	4.008	3.995	4.000	4.012	3.995
FM	8.56	8.73	8.47	8.25	7.38	8.18	7.91	9.01	8.92	8.62	9.34	9.10	8.95	9.24	8.84	8.85	9.11	8.79	8.84	9.24	9.20
Wo	1.42	1.50	3.11	1.70	1.85	2.56	3.70	1.34	1.26	1.82	1.31	1.64	1.66	1.51	0.50	0.70	1.75	1.01	2.43	1.34	0.64
En	90.14	89.90	88.68	90.19	90.91	89.47	88.68	89.78	89.93	89.72	89.47	89.40	89.54	89.38	90.71	90.51	89.30	90.29	88.95	89.54	90.21
Fs	8.44	8.59	8.20	8.11	7.24	7.97	7.62	8.89	8.81	8.46	9.22	8.95	8.80	9.10	8.79	8.79	8.95	8.70	8.63	9.12	9.15

TABLEAU I-18 (SUITE)

Orthopyroxènes des harzburgites mantelliques

N° d'anal	18A164	18A166	21A189	21A191	21A193	22A205	22A206	75A46	75A47	20/74	20/75	20/76	20/77	27/87	27/88	27/92	27/93	27/94	21/95	21/96	21/99
SiO ₂	57.55	58.55	59.07	59.44	58.06	58.26	58.34	57.34	57.30	58.42	57.95	57.86	58.63	57.60	57.19	57.43	57.59	56.95	57.56	57.77	56.71
TiO ₂	0.00	0.05	0.01	0.03	0.04	0.00	0.04	0.04	0.00	0.05	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00
Cr ₂ O ₃	0.26	0.28	0.46	0.36	0.33	0.41	0.46	0.54	0.36	0.50	0.48	0.47	0.52	0.51	0.49	0.52	0.55	0.60	0.43	0.38	0.43
Al ₂ O ₃	1.10	1.12	0.78	0.56	0.71	0.80	0.80	1.66	1.41	1.12	1.10	1.06	1.07	1.55	1.56	1.61	1.54	1.62	0.93	0.91	1.04
FeO	5.73	5.85	5.46	5.29	6.19	5.63	5.72	5.91	5.65	5.57	5.75	5.61	5.48	5.65	5.50	5.82	5.77	5.37	5.22	5.75	6.00
MnO	0.19	0.21	0.16	0.11	0.13	0.07	0.07	0.10	0.20	0.19	0.25	0.21	0.15	0.04	0.00	0.15	0.19	0.13	0.13	0.21	0.13
MgO	35.20	35.31	35.00	35.59	35.31	34.36	34.49	34.88	35.26	35.06	34.20	34.31	33.51	32.82	33.81	33.81	33.96	34.29	31.93	34.23	33.92
CaO	0.48	0.47	0.65	0.56	0.75	0.59	0.65	0.62	0.63	1.03	1.24	0.65	2.01	2.11	0.93	1.26	0.98	1.20	1.66	0.24	0.54
NiO	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.16	0.00	0.03	0.13	0.06	0.02	0.03	0.11	0.06	0.00	0.00	0.00	0.04	0.07
Na ₂ O	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.03	0.03	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.04	0.35	0.00	0.02
K ₂ O	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.04	0.01	0.01	0.05	0.02	0.11	0.00	0.06
Total	100.51	101.87	101.60	101.93	101.53	100.11	100.59	101.27	100.83	101.99	101.14	100.27	101.41	100.38	99.63	100.67	100.67	100.23	98.36	99.52	98.90
Si	1.970	1.977	1.995	1.998	1.973	1.997	1.993	1.953	1.957	1.972	1.977	1.984	1.992	1.980	1.974	1.968	1.971	1.958	2.013	1.993	1.977
Ti	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Cr	0.007	0.008	0.012	0.009	0.009	0.011	0.013	0.015	0.010	0.013	0.013	0.013	0.014	0.014	0.014	0.014	0.015	0.016	0.012	0.010	0.012
Al	0.044	0.044	0.031	0.022	0.029	0.032	0.032	0.067	0.057	0.044	0.044	0.043	0.043	0.063	0.064	0.065	0.062	0.066	0.038	0.037	0.043
Fe	0.164	0.165	0.154	0.149	0.176	0.161	0.164	0.168	0.162	0.157	0.164	0.161	0.156	0.162	0.159	0.167	0.165	0.155	0.153	0.166	0.175
Mn	0.006	0.006	0.005	0.003	0.004	0.002	0.002	0.003	0.006	0.005	0.007	0.006	0.004	0.001	0.000	0.004	0.006	0.004	0.004	0.006	0.004
Mg	1.796	1.777	1.762	1.783	1.788	1.756	1.756	1.771	1.795	1.764	1.739	1.754	1.696	1.681	1.739	1.727	1.733	1.757	1.664	1.760	1.762
Ca	0.018	0.017	0.024	0.020	0.028	0.022	0.024	0.023	0.023	0.037	0.045	0.024	0.073	0.078	0.035	0.046	0.036	0.044	0.062	0.009	0.020
Ni	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.004	0.000	0.001	0.004	0.002	0.001	0.001	0.003	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002
Na	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.002	0.002	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.003	0.024	0.000	0.001
K	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.005	0.000	0.003
Total	4.004	3.996	3.983	3.985	4.007	3.981	3.984	4.006	4.010	3.998	3.996	3.988	3.980	3.983	3.987	3.993	3.992	4.003	3.976	3.983	3.998
FM	8.63	8.79	8.27	7.84	9.12	8.50	8.62	8.81	8.52	8.44	8.96	8.70	8.62	8.87	8.37	9.01	8.98	8.26	8.60	8.90	9.20
Wo	0.88	0.86	1.21	1.04	1.38	1.12	1.22	1.14	1.17	1.90	2.32	1.22	3.79	4.04	1.78	2.39	1.85	2.26	3.31	0.45	1.02
En	90.56	90.43	90.62	91.20	89.62	90.47	90.27	90.15	90.41	89.82	88.93	90.19	87.91	87.45	90.00	88.82	89.34	89.66	88.38	90.69	89.87
Fs	8.56	8.72	8.17	7.76	9.00	8.41	8.51	8.71	8.42	8.28	8.75	8.59	8.29	8.51	8.22	8.80	8.81	8.08	8.31	8.86	9.11

TABLEAU I-19

Orthopyroxènes des pyroxénites; cumulatives; filoniennes dans le manteau (?), en inclusion dans les spinelles accessoires (*).

N°d'anal	8M47	8M48	157/17	157/19	157/25	157/27	157/28	157/29	157/30	24A153°	24A154°	24A155°	5/50	165/100	43/1/20	43/1/26	43/1/27	78A53°	78A54°
SiO ₂	55,66	55,62	57,24	57,36	55,66	56,00	55,82	56,07	55,67	58,32	57,55	58,18	55,78	56,52	55,61	55,91	55,77	58,33	58,15
TiO ₂	0,09	0,05	0,04	0,01	0,06	0,05	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,03	0,00	0,00
Cr ₂ O ₃	0,08	0,09	0,35	0,30	0,36	0,33	0,44	0,42	0,32	0,27	0,42	0,38	0,01	0,28	0,18	0,21	0,43	0,35	0,41
Al ₂ O ₃	1,11	1,18	0,65	0,67	0,69	0,62	0,79	0,74	0,64	0,64	0,73	0,77	1,55	0,80	1,09	0,97	0,83	0,50	0,54
FeO	12,79	12,70	7,55	6,89	7,25	7,29	8,35	8,09	8,01	5,91	5,70	5,41	14,72	10,92	10,23	10,95	8,45	5,76	6,03
MnO	0,38	0,23	0,31	0,23	0,16	0,35	0,17	0,25	0,19	0,14	0,25	0,11	0,37	0,14	0,20	0,16	0,19	0,10	0,18
MgO	30,70	29,92	32,99	33,08	32,97	32,50	32,00	32,37	32,78	35,30	34,94	34,95	27,72	31,30	30,93	30,93	32,32	35,33	34,93
CaO	0,76	0,85	0,56	0,65	0,99	1,83	1,06	0,77	0,56	0,33	0,76	0,53	1,23	0,79	0,56	0,60	0,68	0,65	0,72
NiO	0,27	0,11	0,09	0,00	0,11	0,05	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,14	0,11	0,00	0,07	0,10	0,00
Na ₂ O	0,00	0,07	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,05	0,02	0,00
K ₂ O	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00
Total	101,86	100,85	99,79	99,21	98,24	99,02	98,67	98,78	98,18	100,94	100,40	100,34	101,38	100,89	98,99	99,75	98,85	101,14	100,97
Si	1,950	1,960	1,990	1,990	1,970	1,970	1,970	1,980	1,970	1,987	1,975	1,989	1,979	1,976	1,974	1,975	1,971	1,985	1,985
Ti	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,001	0,000	0,000
Cr	0,000	0,000	0,010	0,010	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,007	0,011	0,010	0,000	0,008	0,005	0,006	0,012	0,009	0,011
Al	0,050	0,050	0,030	0,030	0,032	0,030	0,000	0,000	0,000	0,026	0,030	0,031	0,068	0,033	0,046	0,041	0,035	0,020	0,022
Fe	0,370	0,370	0,220	0,200	0,210	0,210	0,250	0,240	0,240	0,168	0,164	0,155	0,220	0,319	0,304	0,323	0,250	0,164	0,172
Mn	0,010	0,010	0,010	0,010	0,000	0,010	0,010	0,010	0,010	0,004	0,007	0,003	0,006	0,004	0,006	0,005	0,006	0,003	0,005
Mg	1,600	1,570	1,710	1,720	1,740	1,710	1,730	1,700	1,690	1,792	1,788	1,781	1,694	1,631	1,637	1,629	1,702	1,792	1,777
Ca	0,030	0,030	0,020	0,020	0,040	0,070	0,040	0,030	0,020	0,012	0,028	0,019	0,033	0,030	0,021	0,023	0,026	0,024	0,026
Ni	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,004	0,003	0,000	0,002	0,003	0,000
Na	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,003	0,001	0,000
K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000
Total	4,020	4,010	3,990	3,980	4,010	4,010	4,000	4,000	4,010	3,997	4,006	3,990	3,999	4,004	3,999	4,002	4,008	4,001	3,999
FM	19,41	19,52	11,80	10,77	11,21	11,65	13,00	12,64	12,32	8,78	8,73	8,13		16,56	15,92	16,76	13,05	8,51	9,08
Wo	1,42	1,62	1,07	1,25	1,88	3,45	2,02	1,47	1,07	0,61	1,41	0,99	2,40	1,50	1,08	1,15	1,29	1,20	1,32
En	79,44	79,17	87,26	88,11	87,13	85,30	85,24	86,07	86,75	90,66	89,98	90,95	75,20	82,20	83,17	82,28	85,82	90,39	89,72
Fs	19,14	19,20	11,68	10,64	10,99	11,25	12,74	12,45	12,18	8,73	8,61	8,05	22,40	16,31	15,74	16,57	12,88	8,41	8,96

TABLEAU I-20

Orthopyroxène des gabbros, des werhlites (*) et Iherzolites (*)

N°d'anal	7M86	7M87	7M83	7M91	7M81	7M82 34M/76 34M/79	29M91	29M92105A123	12M29°	12M30°	12M38°	12M40°	6M49°	6M50°	9M61°	9M62°	9M64°	9M68°	9M69°			
SiO2	52.62	52.27	51.64	53.00	52.58	52.40	52.84	52.70	53.18	53.50	51.72	57.61	57.90	58.17	57.60	57.41	57.46	56.28	56.76	56.49	56.80	56.70
TiO2	0.16	0.17	0.26	0.25	0.19	0.30	0.16	0.08	0.18	0.22	0.29	0.05	0.00	0.00	0.08	0.01	0.00	0.03	0.00	0.03	0.12	0.01
Cr2O3	0.00	0.02	0.00	0.04	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	0.48	0.39	0.33	0.40	0.34	0.37	0.30	0.26	0.33	0.33
Al2O3	0.93	0.78	0.85	0.78	0.99	0.99	0.61	0.86	0.85	0.73	2.69	1.49	1.52	1.45	1.41	1.19	1.21	1.69	1.54	1.54	1.79	1.62
FeO	23.07	23.18	23.61	23.73	23.37	23.23	20.63	21.09	24.08	23.59	27.50	6.27	5.78	5.63	5.82	6.21	5.83	9.41	9.07	9.05	8.91	9.21
MnO	0.42	0.45	0.53	0.36	0.54	0.54	0.66	0.61	0.42	0.77	0.88	0.27	0.04	0.20	0.19	0.06	0.20	0.29	0.09	0.21	0.37	0.17
MgO	20.44	20.93	20.26	21.30	20.47	20.38	22.75	21.91	21.97	21.76	12.53	34.52	34.65	34.39	35.60	34.53	34.53	32.55	32.79	32.42	32.27	32.32
CaO	1.09	0.93	1.15	0.86	1.09	1.25	0.65	0.94	0.99	1.07	2.85	0.76	0.70	0.59	0.81	0.73	0.78	0.64	0.66	0.72	0.67	0.74
NiO	0.07	0.11	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.03	0.06	0.04	0.08	0.08	0.05	0.00	0.05	0.00	0.02
Na2O	0.01	0.04	0.04	0.03	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.05	0.04	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.02	0.04
K2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.02	0.02	0.08	0.05	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Total	98.82	98.88	98.33	100.34	99.34	99.18	98.32	98.18	101.69	101.65	98.88	101.52	101.17	100.94	101.89	100.62	100.45	101.30	101.21	100.78	101.27	101.17
Si	1.99	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.988	1.991	1.964	1.974	2.009	1.961	1.969	1.980	1.950	1.969	1.971	1.947	1.959	1.960	1.959	1.960
Ti	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.005	0.002	0.005	0.006	0.009	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.003	0.000
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.013	0.011	0.009	0.011	0.009	0.010	0.008	0.007	0.009	0.009
Al	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.027	0.038	0.037	0.032	0.123	0.060	0.061	0.058	0.056	0.048	0.049	0.069	0.063	0.063	0.073	0.066
Fe	0.73	0.73	0.76	0.74	0.74	0.73	0.649	0.666	0.744	0.728	0.893	0.178	0.165	0.160	0.165	0.178	0.167	0.272	0.262	0.263	0.257	0.266
Mn	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.021	0.019	0.013	0.024	0.029	0.008	0.001	0.006	0.005	0.002	0.006	0.009	0.003	0.006	0.011	0.003
Mg	1.15	1.18	1.15	1.18	1.15	1.15	1.276	1.233	1.209	1.197	0.726	1.752	1.757	1.745	1.797	1.765	1.766	1.679	1.687	1.676	1.659	1.666
Ca	0.04	0.04	0.05	0.03	0.04	0.05	0.026	0.038	0.039	0.042	0.119	0.028	0.026	0.022	0.029	0.027	0.029	0.024	0.024	0.027	0.025	0.026
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.001	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.000	0.001	0.000	0.001
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001	0.000	0.000	0.000	0.025	0.000	0.003	0.002	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.003
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.001	0.001	0.004	0.002	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Total	3.98	4.00	4.00	4.00	3.99	3.99	3.994	3.988	4.013	4.004	3.936	4.004	3.996	3.986	4.015	4.001	4.000	4.012	4.006	4.004	3.997	4.003
FM	39.20	38.78	40.07	38.83	39.61	39.56	34.43	35.73	38.50	38.59	55.97	9.60	8.62	8.70	8.65	9.25	8.92	14.33	13.55	13.82	13.89	14.01
Wo	2.29	1.91	2.39	1.75	2.26	2.60	1.33	1.94	1.95	2.12	6.72	1.42	1.31	1.12	1.47	1.37	1.45	1.19	1.23	1.36	1.27	1.40
En	59.41	60.04	58.50	60.10	59.03	58.87	64.70	63.02	60.29	60.11	41.08	89.11	90.18	90.28	90.01	89.51	89.75	84.65	85.39	85.01	85.02	84.79
Fs	38.30	38.04	39.11	38.15	38.71	38.54	33.97	35.03	37.75	37.77	52.20	9.47	8.51	8.60	8.52	9.13	8.79	14.16	13.39	13.63	13.71	13.81

TABLEAU I-21

Différents orthopyroxènes du massif de Tropa

Opx inclus dans les sp. ac. des bz. man et cum (*)										Opx des chromitites cumulatives					Opx des dunites mantel. et cumulatives (*)					Orthopyroxènes des harzburgites cumulatives.									
2/124 2/125 2/130 128A90 128A91										166A77 166A78 166A79 4/26* 4/27*					109A142 109A143 109A144 14/6 14/14 14/15 15/18 15/25 15/26 10A132														
N°d'anal 265/67 265/68 278/51 278/52 110A129*																													
SiO2	56,72	56,34	57,62	57,01	57,84	56,89	57,39	57,22	57,52	57,61	57,81	57,66	57,72	58,13	58,83	56,89	56,91	56,87	57,46	57,79	58,12	57,52	57,33	57,77	57,21				
TiO2	0,01	0,04	0,03	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,09	0,01	0,00	0,04	0,04	0,00	0,01	0,01	0,07	0,01	0,00	0,08	0,00	0,04	0,10	0,09	0,10				
Cr2O3	0,62	0,58	0,66	0,74	0,66	0,25	0,18	0,27	0,20	0,28	0,47	0,46	0,43	0,70	0,68	0,36	0,39	0,42	0,25	0,27	0,14	0,21	0,17	0,18	0,10				
Al2O3	1,96	2,01	1,42	1,34	0,92	0,42	0,44	0,39	0,47	0,53	1,01	1,03	1,04	0,30	0,26	1,57	1,53	1,50	1,41	1,38	0,96	1,39	1,45	1,49	1,11				
FeO	5,40	5,47	5,00	5,04	6,16	7,41	6,80	6,32	7,38	7,35	5,61	5,62	5,55	5,16	5,37	7,14	7,31	7,24	5,63	5,94	5,80	6,43	6,49	6,62	6,08				
MnO	0,16	0,14	0,14	0,14	0,24	0,07	0,07	0,11	0,17	0,21	0,13	0,13	0,15	0,05	0,07	0,19	0,14	0,24	0,19	0,11	0,29	0,10	0,17	0,20	0,16				
MgO	34,99	34,61	34,86	35,34	34,94	33,90	34,38	34,66	34,17	34,02	35,49	35,21	35,79	34,47	35,44	34,33	33,96	34,21	35,21	35,26	35,54	34,46	34,21	33,86	34,66				
CaO	0,70	0,73	0,51	0,51	0,61	0,92	0,94	0,73	0,55	0,66	0,42	0,46	0,36	0,64	0,41	0,89	0,73	0,72	0,44	0,41	0,32	0,44	0,48	0,44	0,68				
NiO	0,02	0,00	0,11	0,00	0,10	0,07	0,00	0,25	0,07	0,05	0,05	0,02	0,00	0,09	0,07	0,04	0,06	0,01	0,38	0,15	0,14	0,17	0,00	0,00	0,11				
Na2O	0,02	0,06	0,07	0,09	0,00	0,01	0,05	0,00	0,02	0,01	0,00	0,02	0,02	0,01	0,03	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,03	0,01	0,04				
K2O	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,02	0,05	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01	0,05	0,03	0,00				
Total	100,59	100,00	100,43	100,20	101,58	99,99	100,25	99,95	100,64	100,74	100,99	100,65	101,10	99,57	101,22	101,41	101,15	101,21	100,98	101,42	101,32	100,77	100,45	100,69	100,61				
Si	1,942	1,941	1,969	1,956	1,967	1,970	1,980	1,980	1,982	1,983	1,969	1,970	1,964	2,000	2,000	1,947	1,953	1,951	1,961	1,963	1,974	1,969	1,969	1,978	1,964				
Ti	0,000	0,001	0,001	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,002	0,000	0,001	0,003	0,002	0,003				
Cr	0,017	0,016	0,018	0,020	0,018	0,010	0,000	0,010	0,006	0,008	0,013	0,012	0,012	0,020	0,020	0,010	0,011	0,011	0,007	0,007	0,004	0,006	0,005	0,005	0,012				
Al	0,079	0,082	0,057	0,054	0,037	0,020	0,020	0,020	0,019	0,021	0,040	0,042	0,042	0,010	0,010	0,063	0,062	0,061	0,057	0,055	0,038	0,056	0,059	0,060	0,045				
Fe	0,155	0,158	0,143	0,145	0,175	0,210	0,200	0,180	0,213	0,212	0,160	0,161	0,158	0,160	0,170	0,204	0,210	0,208	0,161	0,169	0,165	0,154	0,185	0,190	0,175				
Mn	0,005	0,004	0,004	0,004	0,007	0,000	0,000	0,000	0,005	0,006	0,004	0,004	0,004	0,000	0,000	0,006	0,004	0,007	0,005	0,003	0,008	0,003	0,005	0,006	0,005				
Mg	1,785	1,778	1,776	1,807	1,771	1,750	1,770	1,780	1,755	1,746	1,802	1,793	1,815	1,770	1,790	1,751	1,737	1,749	1,791	1,785	1,799	1,758	1,751	1,729	1,773				
Ca	0,026	0,027	0,019	0,019	0,022	0,030	0,030	0,030	0,020	0,025	0,015	0,017	0,013	0,020	0,020	0,033	0,027	0,027	0,016	0,015	0,012	0,016	0,016	0,016	0,025				
Ni	0,000	0,000	0,003	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,000	0,010	0,004	0,004	0,005	0,000	0,000	0,003				
Na	0,001	0,004	0,005	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002	0,001	0,003				
K	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,002	0,001	0,000				
Total	4,010	4,011	3,995	4,010	4,003	4,01	4,01	4,01	4,004	4,002	4,004	4,002	4,009	3,980	3,990	4,016	4,010	4,013	4,008	4,004	4,005	3,999	3,999	3,988	4,006				
FM	8,19	8,34	7,64	7,60	9,32	11,02	10,09	9,43	11,03	11,09	8,32	8,40	8,20	7,82	7,93	10,70	10,97	10,93	8,49	8,78	8,78	9,60	9,85	10,15	9,18				
Wo	1,30	1,38	0,96	0,95	1,12	1,70	1,73	1,35	1,02	1,23	0,78	0,85	0,66	1,21	0,77	1,64	1,36	1,33	0,81	0,76	0,58	0,83	0,90	0,83	1,27				
En	90,62	90,39	91,47	91,52	89,66	87,47	88,36	89,35	88,06	87,82	90,97	90,82	91,19	91,07	91,36	87,83	87,82	87,88	90,77	90,52	90,69	89,65	89,34	89,10	89,67				
Fs	8,08	8,23	7,57	7,53	9,22	10,83	9,91	9,3	10,92	10,95	8,26	8,33	8,15	7,72	7,87	10,53	10,82	10,79	8,42	8,72	8,73	9,52	9,76	10,07	9,06				

TABLEAU I-22 Clinopyroxènes: en inclusion ou interstitiels (°) dans les chromitites mantelliques; en inclusion (°) ou interstitiels (*) dans les chromitites cumulatives

Nd°anal	140A60	140A61	142A19	142A18	136A17	33A49*	104A173*	104A174*	104A175*	129A84*	129A85*	129A86*	141A2*	141A4*	141A5*	141A6*	142A23*	135A23*	135A24*	135A27*	141A4°	2/133°	2/136°
SiO ₂	54.76	54.53	55.13	55.15	55.61	54.71	54.30	54.73	54.14	55.16	54.78	55.13	55.85	55.05	55.39	54.97	54.90	53.04	56.09	55.62	55.05	53.96	53.88
TiO ₂	0.04	0.03	0.04	0.07	0.07	0.00	0.06	0.06	0.07	0.01	0.03	0.00	0.05	0.01	0.06	0.05	0.06	0.04	0.13	0.17	0.01	0.02	0.05
Cr ₂ O ₃	0.89	0.82	0.97	0.92	1.29	1.15	1.31	1.38	1.73	1.23	1.04	1.19	0.85	0.79	0.78	0.84	0.97	0.01	0.01	0.06	0.79	0.42	0.51
Al ₂ O ₃	1.12	1.11	1.40	1.38	0.59	0.36	0.72	0.74	0.77	0.50	0.60	0.52	1.12	1.10	1.01	1.01	1.36	1.71	0.26	0.25	1.10	0.63	0.62
FeO	1.02	1.03	1.80	1.89	1.27	1.45	1.17	1.13	1.07	0.91	1.08	0.97	1.26	1.62	1.44	1.27	1.66	1.96	1.20	0.69	1.62	2.66	2.98
MnO	0.00	0.00	0.08	0.00	0.05	0.00	0.06	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.06	0.02	0.06	0.02	0.00	0.00	0.15	0.11	0.02	0.14	0.06
MgO	17.59	17.77	18.24	18.23	18.35	17.48	17.63	17.44	17.78	18.28	18.29	18.23	18.69	18.50	18.58	18.71	18.18	19.34	17.70	18.31	18.15	17.83	18.52
CaO	23.74	23.58	23.09	23.17	23.96	24.60	23.86	24.15	23.97	23.74	23.74	24.00	23.80	23.21	23.20	23.55	23.08	22.47	24.97	24.68	23.21	23.40	21.80
NiO	0.15	0.08	0.13	0.05	0.02	0.03	0.00	0.07	0.00	0.02	0.14	0.13	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.13	0.05	0.00	0.06	0.09
Na ₂ O	0.15	0.17	0.21	0.16	0.19	0.12	0.33	0.30	0.29	0.18	0.08	0.10	0.07	0.04	0.05	0.11	0.16	0.03	0.02	0.06	0.04	0.11	0.00
K ₂ O	0.00	0.03	0.01	0.01	0.00	0.02	0.03	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	99.45	99.16	101.10	101.03	101.40	99.91	99.47	100.01	99.83	100.05	99.79	100.28	101.74	100.35	100.65	100.53	100.38	98.59	100.67	100.01	100.35	99.23	98.51
Si	1.987	1.984	1.972	1.973	1.983	1.987	1.978	1.982	1.967	1.990	1.984	1.987	1.979	1.979	1.984	1.974	1.974	1.944	2.012	2.004	1.979	1.970	1.970
Ti	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.000	0.002	0.002	0.002	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.002	0.001	0.002	0.001	0.003	0.005	0.000	0.000	0.000
Cr	0.026	0.024	0.027	0.026	0.036	0.033	0.038	0.040	0.050	0.035	0.030	0.034	0.024	0.023	0.022	0.024	0.028	0.000	0.000	0.002	0.023	0.010	0.010
Al	0.048	0.048	0.059	0.058	0.025	0.015	0.031	0.032	0.033	0.021	0.026	0.022	0.047	0.047	0.043	0.043	0.058	0.074	0.011	0.011	0.047	0.030	0.030
Fe	0.031	0.031	0.054	0.057	0.038	0.044	0.036	0.034	0.032	0.028	0.033	0.029	0.037	0.049	0.043	0.038	0.050	0.060	0.036	0.021	0.049	0.080	0.090
Mn	0.000	0.000	0.003	0.000	0.002	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.001	0.002	0.001	0.000	0.000	0.005	0.004	0.001	0.000	0.000
Mg	0.951	0.964	0.973	0.972	0.976	0.946	0.957	0.941	0.963	0.983	0.987	0.979	0.987	0.991	0.992	1.001	0.974	1.056	0.946	0.983	0.991	0.970	1.010
Ca	0.923	0.919	0.885	0.888	0.916	0.957	0.931	0.937	0.933	0.918	0.921	0.927	0.904	0.894	0.891	0.906	0.889	0.882	0.960	0.953	0.894	0.910	0.830
Ni	0.004	0.002	0.004	0.002	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.001	0.004	0.004	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000
Na	0.010	0.012	0.014	0.011	0.013	0.008	0.023	0.021	0.020	0.012	0.005	0.007	0.005	0.003	0.004	0.007	0.011	0.002	0.002	0.004	0.003	0.010	0.000
K	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Total	3.980	3.986	3.991	3.988	3.991	3.993	3.998	3.991	4.000	3.988	3.991	3.989	3.986	3.987	3.984	3.995	3.986	4.019	3.980	3.987	3.987	3.990	3.970
FM	3.00	3.00	5.00	6.00	3.88	4.45	3.77	3.55	3.26	2.73	3.27	2.90	3.79	4.75	4.35	3.75	4.89	5.39	4.10	2.41	4.75	8.10	8.42
Wo	48.00	48.00	46.00	46.00	47.43	49.15	48.35	48.99	48.38	47.59	47.44	47.88	46.82	46.21	46.19	46.54	46.47	44.15	49.30	48.61	46.21	46.43	43.65
En	50.00	50.00	51.00	51.00	50.53	48.59	49.70	49.20	49.94	50.98	50.84	50.60	51.16	51.23	51.46	51.45	50.91	52.84	48.62	50.16	51.23	49.22	51.60
Fs	2.00	2.00	3.00	3.00	2.04	2.26	1.95	1.81	1.68	1.43	1.72	1.51	2.02	2.56	2.34	2.00	2.62	3.01	2.08	1.24	2.56	4.34	4.75

TABLEAU I-23

Clinopyroxènes inclus dans les spinelles accessoires des dunités mantelliques et cumulatives (*)

N° d'ana	166A68	166A69	168A92	168A93	13N172	21/115	21/116	139/128	4/18*	4/18*	4/21*	4/25*	36A178*	36A179*	36A184*	36A185*	36A186*	37A12*	37A127*	37A128*	37A129*	37A135*
SiO ₂	54,54	55,12	54,53	54,44	55,08	55,53	55,37	55,61	55,16	56,13	54,96	54,96	54,35	54,86	54,89	54,60	54,47	55,23	55,45	55,50	55,37	55,44
TiO ₂	0,06	0,07	0,00	0,03	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,04	0,06	0,12	0,10	0,02	0,03	0,01	0,05	0,00	0,04
Cr ₂ O ₃	0,58	0,50	1,31	1,18	1,61	0,14	0,24	0,67	0,72	0,69	0,76	0,68	0,96	0,70	1,03	1,21	1,47	1,37	1,50	1,18	1,28	1,32
Al ₂ O ₃	1,11	1,08	1,00	0,95	0,70	0,04	0,12	0,04	0,35	0,42	0,44	0,41	0,83	0,59	0,37	0,67	0,77	0,53	0,53	0,50	0,55	0,56
FeO	1,54	1,58	1,21	1,48	1,97	0,75	1,19	1,19	1,74	2,33	2,07	1,72	1,48	1,41	1,22	1,58	1,25	1,13	1,07	1,12	1,14	1,16
MnO	0,01	0,08	0,09	0,10	0,05	0,00	0,08	0,00	0,00	0,23	0,00	0,15	0,00	0,00	0,08	0,02	0,05	0,03	0,00	0,01	0,04	0,02
MgO	18,07	18,04	17,57	17,65	17,68	18,15	18,02	18,21	18,74	18,59	18,08	18,35	17,66	17,95	18,05	17,40	17,71	18,32	18,30	18,04	18,03	17,69
CaO	24,14	24,04	23,96	23,67	23,06	25,68	25,71	25,29	24,65	23,27	22,79	23,09	24,66	24,90	25,17	24,62	24,77	24,85	24,82	24,76	24,57	24,77
NiO	0,00	0,09	0,06	0,00	nd	0,12	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,06	0,06	0,09	0,00	0,10	0,07
Na ₂ O	0,04	0,05	0,29	0,29	0,57	0,01	0,10	0,08	0,07	0,10	0,09	0,18	0,12	0,10	0,03	0,05	0,11	0,16	0,21	0,20	0,16	0,22
K ₂ O	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04	0,03	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,04	0,01
Total	100,08	100,66	100,03	99,79	100,78	100,42	100,83	101,08	101,93	101,81	99,23	99,57	100,10	100,56	101,14	100,27	100,68	101,73	101,98	101,36	101,29	101,30
Si	1,972	1,980	1,975	1,976	1,983	2,000	1,992	1,993	2,000	2,000	2,000	1,990	1,971	1,978	1,972	1,977	1,966	1,970	1,972	1,983	1,981	1,984
Ti	0,002	0,002	0,000	0,001	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,003	0,003	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001
Cr	0,017	0,014	0,038	0,034	0,046	0,004	0,007	0,019	0,020	0,020	0,020	0,020	0,027	0,020	0,029	0,035	0,042	0,039	0,042	0,033	0,036	0,037
Al	0,047	0,046	0,043	0,041	0,030	0,002	0,005	0,002	0,010	0,020	0,020	0,020	0,035	0,025	0,016	0,029	0,033	0,023	0,022	0,021	0,023	0,024
Fe	0,047	0,047	0,037	0,045	0,059	0,023	0,036	0,036	0,050	0,070	0,060	0,050	0,045	0,043	0,037	0,048	0,038	0,034	0,032	0,034	0,034	0,035
Mn	0,000	0,003	0,003	0,003	0,001	0,000	0,003	0,000	0,000	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001
Mg	0,974	0,966	0,948	0,955	0,948	0,974	0,966	0,973	1,000	1,000	1,000	1,000	0,955	0,965	0,967	0,939	0,953	0,974	0,970	0,961	0,961	0,944
Ca	0,935	0,925	0,930	0,921	0,889	0,991	0,991	0,971	1,000	0,900	0,900	0,900	0,958	0,962	0,969	0,955	0,958	0,950	0,946	0,948	0,942	0,950
Ni	0,000	0,003	0,002	0,000	nd	0,004	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000	0,002	0,002	0,002	0,000	0,003	0,002
Na	0,003	0,004	0,020	0,020	0,040	0,001	0,007	0,006	0,004	0,010	0,010	0,010	0,009	0,007	0,002	0,004	0,008	0,011	0,015	0,014	0,011	0,015
K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,002	0,000
Total	3,996	3,990	3,995	3,995	3,998	3,997	4,006	3,999	3,990	3,990	3,980	3,990	4,001	4,001	4,003	3,990	4,000	4,004	4,002	3,995	3,995	3,992
FM	4,61	4,92	3,98	4,80	6,02	2,27	3,81	3,53	4,10	7,02	6,03	5,41	4,48	4,22	3,89	4,92	3,93	3,43	3,18	3,41	3,55	3,61
Wo	47,82	47,67	48,49	47,86	46,85	49,85	49,67	49,06	47,32	45,51	45,99	46,11	48,95	48,85	49,07	49,16	49,13	48,50	48,57	48,80	48,59	49,24
En	49,78	49,76	49,46	49,64	49,95	49,01	48,42	49,14	50,07	50,58	50,76	50,98	48,77	48,99	48,96	48,34	48,88	49,73	49,80	49,46	49,59	48,92
Fs	2,40	2,57	2,05	2,50	3,20	1,14	1,92	1,80	2,61	3,91	3,26	2,91	2,29	2,16	1,98	2,50	2,00	1,77	1,63	1,74	1,83	1,83

TABLEAU I-24

Différents clinopyroxènes du massif de Tropeja

Cpx inclus dans les spinelles accessoires des harzburgites cumulatives et mantelliques (*)	Clinopyroxènes des dunites mantelliques									
N° d'anal	171/68*	171/69*	109A151	109A152	109A158	109A159	109A160	9M56	110A129	
SiO ₂	52,67	53,14	53,94	54,10	54,45	54,10	54,14	54,21	57,84	257/2
TiO	0,03	0,03	0,04	0,07	0,07	0,07	0,02	0,12	0,10	257/3
Cr ₂ O ₃	0,91	0,89	0,69	0,65	0,71	0,86	0,72	0,66	0,66	168A99
Al ₂ O ₃	2,39	2,35	1,63	1,21	1,22	1,59	1,19	2,16	0,92	168A100
FeO	1,97	2,07	2,91	2,34	2,78	2,94	2,59	3,70	6,16	168A101
MnO	0,11	0,08	0,05	0,11	0,20	0,16	0,09	0,16	0,24	
MgO	17,11	17,45	17,91	17,83	18,24	18,38	18,01	17,09	34,94	
CaO	23,52	23,27	23,26	23,48	22,72	22,02	22,72	23,05	0,61	
NiO	0,06	0,04	0,11	0,02	0,03	0,00	0,09	0,00	0,10	
Na ₂ O	0,01	0,04	0,20	0,23	0,23	0,16	0,18	0,21	0,00	
K ₂ O	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	
Total	98,78	99,37	100,74	100,04	100,64	100,27	99,75	101,37	101,58	
Si	1,936	1,940	1,950	1,964	1,965	1,957	1,969	1,950	1,967	
Ti	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001	0,003	0,003	
Cr	0,026	0,026	0,020	0,019	0,020	0,025	0,021	0,019	0,018	
Al	0,104	0,101	0,069	0,052	0,052	0,068	0,051	0,092	0,037	
Fe	0,061	0,063	0,088	0,071	0,084	0,089	0,079	0,111	0,175	
Mn	0,004	0,002	0,002	0,003	0,006	0,005	0,003	0,005	0,007	
Mg	0,938	0,949	0,965	0,965	0,981	0,991	0,976	0,916	1,771	
Ca	0,926	0,910	0,901	0,913	0,878	0,853	0,886	0,888	0,022	
K	0,002	0,001	0,003	0,001	0,001	0,000	0,003	0,000	0,003	
Na	0,001	0,003	0,014	0,016	0,016	0,011	0,013	0,015	0,000	
K	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	
Total	3,998	3,997	4,011	4,007	4,005	4,000	4,000	3,999	4,003	
FM	6,41	6,47	8,49	7,17	8,39	8,64	7,71	11,26	9,32	
Wo	48,04	47,28	46,08	46,76	45,07	44,03	45,56	46,25	1,12	
En	48,63	49,31	49,34	49,42	50,32	51,14	50,24	47,70	89,66	
Fs	3,33	3,41	4,58	3,82	4,61	4,84	4,19	6,05	9,22	

TABLEAU I-25

Clinopyroxènes des harzburgites mantelliques.

N°d'anal	270/34	270/35	100A226	100A227	100A232	100A233	262/72	262/75	102A45	102A48	102A54	173/17	177/96	177/97	176/78	140/9	140/10	140/11	176/85	176/79
SiO ₂	52,81	53,61	54,63	54,83	54,48	54,30	54,69	54,24	54,48	55,02	54,23	52,46	53,66	54,18	52,82	53,94	53,49	53,70	52,64	52,59
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,06	0,00	0,01	0,04	0,00	0,11	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
Cr ₂ O ₃	0,86	0,73	0,05	0,03	0,13	0,08	0,54	0,73	0,00	0,08	0,00	0,78	0,77	0,76	0,99	0,39	0,59	0,47	0,77	0,86
Al ₂ O ₃	2,19	1,83	0,00	0,03	0,02	0,02	1,34	1,87	0,01	0,00	0,02	2,53	1,84	1,97	2,46	0,73	0,87	0,84	2,33	2,32
FeO	1,53	1,41	2,78	2,76	3,23	2,75	1,75	1,40	2,59	3,69	5,16	2,34	2,01	1,99	2,04	1,55	2,09	2,01	2,06	2,10
MnO	0,00	0,00	0,26	0,19	0,59	0,46	0,06	0,04	0,23	0,57	0,25	0,08	0,05	0,10	0,01	0,24	0,02	0,01	0,00	0,12
MgO	17,52	17,75	17,12	16,52	16,32	17,06	18,25	17,75	17,73	16,72	16,28	19,19	17,44	17,44	17,71	18,15	18,41	18,19	17,35	17,63
CaO	24,04	23,52	25,31	25,02	24,97	24,83	23,29	23,64	24,76	25,06	24,71	20,27	23,06	23,15	23,11	23,63	23,15	23,15	23,45	23,40
NiO	0,00	0,00	0,12	0,04	0,04	0,00	0,05	0,03	0,05	0,09	0,00	0,00	0,06	0,00	0,01	0,09	0,03	0,04	0,05	0,00
Na ₂ O	0,04	0,04	0,01	0,01	0,04	0,01	0,10	0,08	0,01	0,00	0,07	0,00	0,05	0,06	0,01	0,03	0,05	0,00	0,02	0,05
K ₂ O	0,01	0,00	0,03	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03
Total	99,00	98,89	100,32	99,44	99,86	99,57	100,07	99,80	99,89	101,23	100,84	97,68	98,95	99,74	99,16	98,77	98,71	98,42	98,68	99,14
Si	1,935	1,959	1,991	2,010	1,999	1,992	1,974	1,963	1,988	1,994	1,984	1,920	1,963	1,964	1,932	1,978	1,965	1,976	1,937	1,928
Ti	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001	0,000	0,003	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Cr	0,025	0,021	0,002	0,001	0,004	0,002	0,015	0,021	0,000	0,002	0,000	0,020	0,022	0,022	0,029	0,011	0,017	0,014	0,023	0,025
Al	0,095	0,079	0,000	0,001	0,001	0,001	0,057	0,080	0,001	0,000	0,001	0,110	0,079	0,084	0,106	0,031	0,038	0,037	0,101	0,100
Fe	0,047	0,043	0,085	0,085	0,099	0,085	0,053	0,042	0,079	0,112	0,158	0,070	0,062	0,060	0,062	0,048	0,064	0,062	0,064	0,064
Mn	0,000	0,000	0,008	0,006	0,018	0,014	0,002	0,001	0,007	0,018	0,008	0,000	0,002	0,003	0,000	0,007	0,001	0,000	0,000	0,004
Mg	0,957	0,967	0,930	0,902	0,892	0,933	0,982	0,958	0,964	0,903	0,888	1,050	0,951	0,943	0,966	0,992	1,008	0,998	0,951	0,964
Ca	0,944	0,921	0,988	0,983	0,982	0,976	0,901	0,917	0,968	0,973	0,969	0,800	0,904	0,899	0,906	0,929	0,911	0,913	0,924	0,919
Ni	0,000	0,000	0,004	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,002	0,003	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,003	0,001	0,001	0,001	0,000
Na	0,003	0,003	0,001	0,001	0,003	0,001	0,007	0,005	0,001	0,000	0,005	0,000	0,003	0,004	0,001	0,002	0,004	0,000	0,001	0,003
K	0,001	0,000	0,002	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,002
Total	4,006	3,992	4,009	3,989	4,001	4,005	3,992	3,988	4,010	4,005	4,015	3,970	3,988	3,982	4,001	4,002	4,009	3,999	4,002	4,010
FM	4,66	4,27	9,05	9,11	11,63	9,59	5,27	4,35	8,19	12,52	15,73	6,61	6,22	6,31	6,10	5,25	6,05	5,88	6,27	6,58
Wo	48,46	47,69	49,14	49,74	49,30	48,61	46,49	47,80	47,97	48,52	47,90	41,49	47,12	47,20	46,83	47,00	45,93	46,26	47,66	47,13
En	49,13	50,07	46,25	45,68	44,81	46,46	50,69	49,93	47,77	45,03	43,90	54,65	49,58	49,47	49,93	50,21	50,81	50,58	49,06	49,39
Fs	2,40	2,24	4,60	4,58	5,90	4,93	2,82	2,27	4,26	6,44	8,19	3,87	3,29	3,33	3,24	2,78	3,27	3,16	3,28	3,48

TABLEAU I-26

Clinopyroxènes des harzburgites mantelliques et (°) cumulatives.

N°d'anal	176/80	176/81	161/48	161/49	166/57	142/35	142/36	142/37	3N127	3N128	3N129	18A165109A145°109A146°109A147°109A149°109A150°110A130°110A131°	7/112°	7/115°				
SiO2	53,71	53,09	52,98	53,20	53,34	54,09	54,32	54,32	54,01	53,97	54,29	54,43	54,66	53,91	54,63	54,95	54,68	54,51
TiO2	0,03	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02	0,05	0,01	0,10	0,08	0,15	0,13	0,06	0,00	0,00
Cr2O3	0,66	0,91	0,77	0,82	0,87	0,30	0,46	0,27	0,87	0,84	0,72	0,31	0,19	0,25	0,57	0,50	1,19	1,18
Al2O3	2,09	2,52	2,57	2,60	2,17	0,84	0,78	0,55	1,63	1,82	1,60	0,85	0,63	1,35	1,17	1,13	0,93	0,92
FeO	2,06	2,11	2,01	2,15	2,09	1,73	2,04	1,37	2,13	2,01	2,08	2,58	2,01	2,43	2,63	2,52	1,81	1,92
MnO	0,17	0,06	0,00	0,10	0,22	0,10	0,12	0,01	0,13	0,00	0,05	0,02	0,09	0,15	0,05	0,10	0,06	0,07
MgO	17,78	17,44	17,29	17,43	17,50	18,07	17,97	17,98	17,59	17,48	17,98	17,82	17,63	17,45	17,72	17,81	18,27	17,94
CaO	23,68	23,53	23,45	23,53	23,65	23,63	23,59	23,94	24,05	24,05	23,30	24,18	24,80	23,68	23,28	23,22	23,64	23,77
NiO	0,00	0,00	0,18	0,08	0,00	0,00	0,02	0,02	nd	nd	nd	0,00	0,05	0,00	0,17	0,00	0,08	0,00
Na2O	0,03	0,00	0,03	0,01	0,00	0,04	0,03	0,03	0,01	0,05	0,03	0,06	0,01	0,00	0,18	0,14	0,30	0,30
K2O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	100,21	99,66	99,27	99,93	99,88	98,80	99,34	98,49	100,44	100,27	100,05	101,02	99,76	99,80	100,62	100,89	100,71	100,61
Si	1,945	1,934	1,936	1,933	1,940	1,981	1,981	1,992	1,954	1,953	1,964	1,986	1,977	1,988	1,972	1,974	1,970	1,968
Ti	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,003	0,002	0,003	0,002	0,000	0,000
Cr	0,019	0,026	0,022	0,024	0,025	0,009	0,013	0,008	0,025	0,024	0,021	0,008	0,006	0,002	0,016	0,014	0,034	0,034
Al	0,089	0,108	0,111	0,111	0,093	0,036	0,034	0,024	0,070	0,078	0,068	0,038	0,037	0,027	0,050	0,048	0,039	0,039
Fe	0,062	0,064	0,062	0,065	0,064	0,053	0,062	0,042	0,064	0,061	0,063	0,055	0,067	0,061	0,080	0,076	0,055	0,058
Mn	0,005	0,002	0,000	0,003	0,007	0,003	0,004	0,000	0,004	0,000	0,002	0,003	0,003	0,002	0,002	0,003	0,002	0,002
Mg	0,959	0,947	0,942	0,944	0,949	0,986	0,977	0,983	0,948	0,943	0,969	0,971	0,966	0,946	0,958	0,978	0,968	0,965
Ca	0,919	0,918	0,918	0,916	0,922	0,927	0,922	0,941	0,932	0,932	0,903	0,928	0,934	0,966	0,924	0,894	0,913	0,919
Ni	0,000	0,000	0,005	0,002	0,000	0,000	0,001	0,001	nd	nd	nd	nd	0,000	0,001	0,000	0,000	0,002	0,000
Na	0,002	0,000	0,002	0,001	0,000	0,003	0,002	0,002	0,001	0,004	0,002	0,002	0,003	0,000	0,013	0,010	0,021	0,021
K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Total	4,001	3,999	3,998	4,000	4,000	3,998	3,996	3,992	3,998	3,996	3,992	3,992	4,005	3,995	3,998	3,998	4,003	4,006
FM	6,59	6,53	6,14	6,75	6,90	5,38	6,33	4,12	6,72	6,06	6,22	5,71	6,81	7,55	7,80	7,45	5,51	5,87
Wo	47,21	47,56	47,79	47,51	47,50	47,08	46,93	47,85	47,82	48,15	46,62	47,39	47,88	48,93	46,41	45,82	47,12	47,27
En	49,31	49,02	49,01	48,95	48,88	50,07	49,71	50,00	48,67	48,71	50,05	49,61	48,57	47,88	49,41	50,14	49,96	49,64
Fs	3,48	3,43	3,20	3,54	3,63	2,85	3,36	2,15	3,51	3,14	3,32	3,01	3,55	3,18	4,18	4,04	2,91	3,10

TABLEAU I-27

Clinopyroxènes des werhlites et (*) des lherzolites cumulatives.

N°d'anal	2M101	2M104	2M105	2M107	2M91	2M92	2M93	2M94	2M95	2M96	14M150	14M152	14M94	14M102	15A197	12M31	12M33	12M34	9M65*	9M67*	9M54*	9M57*	9M58*	9M59*	9M63*
SiO ₂	54,18	54,05	53,95	53,43	54,03	54,30	53,77	54,43	54,11	54,13	53,10	53,21	54,13	53,95	53,75	54,70	54,26	53,32	53,99	53,55	53,57	53,69	53,76	53,09	53,31
TiO ₂	0,01	0,00	0,03	0,07	0,12	0,05	0,07	0,06	0,00	0,00	0,09	0,04	0,02	0,00	0,00	0,03	0,01	0,00	0,09	0,07	0,17	0,17	0,17	0,19	0,19
Cr ₂ O ₃	0,72	0,75	0,52	0,62	0,72	0,77	0,73	0,28	0,31	0,52	0,45	0,38	0,24	0,35	0,58	0,71	0,62	0,56	0,38	0,62	0,77	0,62	0,49	0,62	0,62
Al ₂ O ₃	1,31	1,29	1,07	1,23	1,25	1,24	1,19	0,80	0,87	1,00	1,56	1,85	1,58	1,61	1,89	1,76	1,65	1,54	1,64	2,10	2,03	2,07	1,99	2,33	2,08
V ₂ O ₃	0,07	0,05	0,11	0,10	0,00	0,04	0,00	0,01	0,08	0,00	0,00	0,11	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
FeO	1,80	2,11	1,39	1,80	2,16	2,30	2,18	2,20	1,85	1,95	2,72	2,83	2,38	1,76	2,97	2,23	2,30	3,05	2,90	3,72	3,84	3,60	3,81	4,00	3,27
MnO	0,09	0,11	0,00	0,15	0,00	0,11	0,02	0,04	0,05	0,10	0,08	0,13	0,02	0,09	0,19	0,00	0,00	0,07	0,10	0,20	0,08	0,16	0,07	0,04	0,00
MgO	17,94	18,42	18,58	18,36	18,39	18,29	18,53	18,69	18,64	18,84	17,35	17,49	17,36	17,37	17,40	17,73	18,13	18,69	17,04	17,24	17,39	17,24	17,10	16,79	17,18
CaO	23,37	23,52	23,69	23,86	22,78	23,15	23,42	23,49	23,98	23,16	23,14	23,51	24,26	23,94	23,05	22,83	22,64	21,85	23,02	22,32	22,90	22,88	22,64	23,06	23,25
NaO	0,14	0,00	0,09	0,11	0,07	0,01	0,07	0,05	0,00	0,16	0,09	0,01	0,00	0,14	0,00	0,02	0,14	0,07	0,00	0,05	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
Na ₂ O	0,13	0,11	0,09	0,01	0,16	0,00	0,04	0,06	0,00	0,10	0,18	0,16	0,11	0,11	0,14	0,18	0,19	0,19	0,17	0,20	0,19	0,17	0,15	0,23	0,18
K ₂ O	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P ₂ O ₅	0,39	0,48	0,50	0,44	0,47	0,30	0,39	0,43	0,52	0,47	0,58	0,41	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Total	100,16	100,88	100,03	100,21	100,16	100,55	100,42	100,54	100,42	100,44	99,34	100,13	100,10	100,32	99,97	100,23	99,97	99,37	99,33	100,07	100,87	100,58	100,18	100,34	100,10
Si	1,960	1,940	1,950	1,940	1,950	1,960	1,940	1,960	1,950	1,950	1,940	1,930	1,960	1,960	1,955	1,973	1,965	1,949	1,973	1,950	1,939	1,946	1,955	1,935	1,941
Ti	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,002	0,002	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Cr	0,020	0,020	0,010	0,020	0,020	0,020	0,020	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,017	0,020	0,018	0,016	0,011	0,018	0,022	0,018	0,014	0,018	0,018
Al	0,060	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,030	0,040	0,040	0,070	0,080	0,070	0,070	0,081	0,075	0,070	0,066	0,071	0,090	0,087	0,088	0,085	0,100	0,089
V	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fe	0,050	0,050	0,040	0,050	0,070	0,070	0,070	0,070	0,060	0,060	0,080	0,090	0,070	0,080	0,090	0,067	0,070	0,093	0,089	0,113	0,116	0,109	0,116	0,122	0,100
Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,000	0,002	0,003	0,006	0,003	0,005	0,002	0,001	0,000
Mg	0,970	0,990	1,000	0,990	0,990	0,980	1,000	1,000	1,010	1,010	0,950	0,950	0,940	0,940	0,943	0,953	0,979	1,018	0,928	0,935	0,939	0,931	0,927	0,912	0,932
Ca	0,900	0,910	0,920	0,930	0,880	0,890	0,900	0,910	0,930	0,890	0,910	0,920	0,940	0,930	0,898	0,882	0,878	0,856	0,901	0,871	0,884	0,888	0,882	0,900	0,907
Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,004	0,002	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
Na	0,010	0,010	0,010	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,013	0,013	0,014	0,012	0,014	0,014	0,012	0,011	0,016	0,013
K	0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
P	0,010	0,010	0,020	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,020	0,010	0,020	0,010	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Total	3,990	4,000	4,000	4,010	3,990	3,990	4,000	4,000	4,000	4,000	3,990	4,000	4,000	4,010	4,001	3,986	3,998	4,017	3,990	4,001	4,008	4,002	3,996	4,009	4,006
FM	5,58	6,33	4,02	5,63	6,18	6,88	6,25	6,30	5,41	5,76	8,31	8,68	3,72	4,41	9,26	6,59	6,65	8,58	9,01	11,32	11,22	10,90	11,30	11,90	9,66
Wo	46,92	46,23	46,80	46,85	45,51	45,86	45,99	45,85	46,67	45,44	46,78	46,88	7,19	8,41	46,36	46,37	45,59	43,45	46,91	45,22	45,55	45,94	45,77	46,52	46,78
En	50,12	50,37	51,06	50,15	51,12	50,41	50,63	50,75	50,45	51,42	48,80	48,51	48,25	47,56	48,68	50,10	50,79	51,70	48,31	48,58	48,34	48,16	48,10	47,11	48,08
Fs	2,96	3,40	2,14	2,99	3,37	3,72	3,38	3,41	2,89	3,14	4,43	4,61	48,03	48,02	4,97	3,54	3,62	4,85	4,78	6,20	6,11	5,89	6,13	6,36	5,14

TABLEAU I-28

Clinopyroxènes des pyroxénites

N° d'anal	157/20	157/21	157/22	157/23	5/62	5/63	5/52	111A146	111A147	111A148	111A149	111A150	111A151	111A152	111A153	111A154	112A155	112A156	112A157
SiO ₂	54,71	54,28	54,26	54,00	50,77	51,76	50,94	52,32	53,67	53,03	52,71	52,92	52,97	54,13	53,27	52,78	53,08	53,28	52,83
TiO ₂	0,02	0,06	0,04	0,08	0,04	0,07	0,11	0,15	0,14	0,22	0,15	0,19	0,22	0,11	0,17	0,24	0,06	0,14	0,09
Cr ₂ O ₃	0,62	0,90	0,51	0,42	0,21	0,21	0,00	0,58	0,49	0,59	0,51	0,72	0,46	0,28	0,60	0,59	0,40	0,34	0,21
Al ₂ O ₃	0,60	0,83	0,77	0,68	1,20	1,72	1,96	2,40	1,92	2,46	2,10	2,33	2,50	1,32	2,51	2,65	2,05	2,06	1,78
FeO	2,29	2,67	2,56	2,85	5,12	5,65	5,71	4,03	3,74	3,82	4,05	3,89	4,02	3,60	5,85	3,96	5,75	4,74	5,56
MnO	0,00	0,13	0,17	0,13	0,19	0,14	0,06	0,08	0,18	0,07	0,18	0,28	0,13	0,14	0,19	0,20	0,13	0,26	0,36
MgO	17,74	17,70	17,71	17,20	17,79	17,09	16,96	16,76	16,57	16,32	16,40	16,46	16,25	16,76	18,80	16,54	17,21	16,09	15,50
CaO	23,92	23,39	23,70	23,61	24,05	22,95	22,84	22,86	22,99	22,70	22,92	22,84	23,19	23,47	19,00	22,60	20,88	22,75	22,97
NiO	0,00	0,01	0,06	0,06	0,08	0,00	0,07	0,09	0,00	0,02	0,30	0,01	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00
Na ₂ O	0,11	0,08	0,08	0,08	0,08	0,13	0,06	0,15	0,14	0,19	0,17	0,18	0,21	0,08	0,15	0,24	0,12	0,09	0,05
K ₂ O	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	100,02	100,06	99,86	99,11	99,53	99,80	98,72	99,41	99,83	99,43	99,51	99,83	99,95	100,00	100,55	99,81	99,68	99,87	99,34
Si	1,990	1,980	1,980	1,980	1,955	1,994	1,985	1,927	1,960	1,945	1,941	1,939	1,938	1,974	1,931	1,932	1,949	1,955	1,958
Ti	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,002	0,004	0,004	0,006	0,004	0,005	0,006	0,003	0,005	0,007	0,002	0,004	0,003
Cr	0,020	0,030	0,010	0,010	0,003	0,003	0,000	0,017	0,014	0,017	0,015	0,021	0,013	0,008	0,017	0,017	0,012	0,010	0,006
Al	0,030	0,040	0,030	0,030	0,057	0,081	0,094	0,104	0,083	0,107	0,091	0,101	0,108	0,057	0,107	0,114	0,089	0,089	0,078
Fe	0,070	0,080	0,080	0,090	0,083	0,092	0,094	0,124	0,114	0,117	0,125	0,119	0,123	0,110	0,177	0,121	0,177	0,145	0,172
Mn	0,000	0,000	0,010	0,000	0,003	0,002	0,001	0,002	0,006	0,002	0,006	0,009	0,004	0,004	0,006	0,006	0,004	0,008	0,011
Mg	0,960	0,960	0,960	0,940	1,180	1,134	1,138	0,920	0,902	0,892	0,900	0,899	0,886	0,911	1,016	0,903	0,942	0,880	0,856
Ca	0,930	0,910	0,920	0,930	0,695	0,664	0,668	0,902	0,900	0,892	0,904	0,896	0,909	0,917	0,738	0,887	0,822	0,894	0,912
Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,003	0,000	0,001	0,009	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000
Na	0,010	0,010	0,010	0,010	0,008	0,011	0,006	0,010	0,010	0,014	0,012	0,013	0,015	0,006	0,011	0,017	0,009	0,006	0,004
K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Total	4,000	4,000	4,000	4,000	3,986	3,983	3,989	4,013	3,992	3,994	4,008	4,002	4,003	3,993	4,008	4,004	4,003	3,995	3,999
FM	6,74	8,16	7,96	8,87				12,09	11,71	11,81	12,65	12,46	12,54	11,14	15,29	12,39	16,09	14,86	17,65
Wo	47,47	46,59	46,96	47,35	7,57	8,63	8,76	46,30	46,83	46,86	46,74	46,61	47,29	47,21	38,10	46,25	42,26	46,38	46,73
En	48,99	49,05	48,81	47,98	45,55	44,88	44,88	47,21	46,94	46,87	46,53	46,74	46,10	46,91	52,44	47,09	48,45	45,65	43,86
Fs	3,54	4,36	4,22	4,67	46,88	46,49	46,36	6,49	6,23	6,27	6,74	6,65	6,61	5,88	9,46	6,66	9,29	7,97	9,40

TABLEAU I-28 (SUITE)

Clinopyroxènes des pyroxénites

N°d'anal	8M42	8M43	8M44	8M45	8M46	112A161	112A162	112A163	165/102	165/103	165/104	165/105	165/106	165/107	112A158	112A160	143/29	143/30	143/31
SiO ₂	53,71	53,81	53,18	53,63	54,18	52,78	52,61	52,36	54,26	54,81	54,45	54,49	54,99	55,27	53,11	53,14	53,63	53,65	53,55
TiO ₂	0,03	0,12	0,00	0,07	0,06	0,14	0,12	0,08	0,00	0,00	0,04	0,03	0,00	0,01	0,14	0,06	0,01	0,07	0,04
Cr ₂ O ₃	0,24	0,2	0,07	0,16	0,16	0,21	0,29	0,21	0,40	0,39	0,34	0,33	0,37	0,14	0,21	0,22	0,63	0,59	0,63
Al ₂ O ₃	1,65	1,76	1,60	1,46	1,25	2,04	2,03	2,26	0,89	0,96	0,93	0,91	0,91	0,67	1,77	2,00	1,06	1,20	1,22
FeO	4,83	4,76	4,87	4,99	4,70	4,50	4,82	4,95	4,47	3,61	3,59	3,56	4,12	3,25	5,20	4,62	3,16	2,96	3,23
MnO	0,00	0,00	0,00	0,11	0,30	0,15	0,13	0,12	0,14	0,00	0,18	0,11	0,22	0,26	0,32	0,16	0,16	0,13	0,10
MgO	17,89	16,95	17,35	17,31	17,22	16,28	16,41	15,87	18,08	17,48	17,80	17,34	17,66	17,51	16,26	16,24	17,39	17,23	17,16
CaO	20,16	21,28	21,29	21,19	21,10	22,81	22,82	23,11	22,45	23,17	22,97	23,43	22,88	23,67	22,58	23,22	22,79	23,32	23,17
NiO	0,06	0,04	0,28	0,00	0,00	0,06	0,11	0,07	0,09	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,12	0,03	0,00	0,04	0,00
Na ₂ O	0,06	0,07	0,14	0,09	0,05	0,12	0,10	0,13	0,05	0,02	0,02	0,04	0,05	0,08	0,11	0,06	0,12	0,09	0,13
K ₂ O	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,06	0,01
P ₂ O ₅	0,45	0,53	0,31	0,49	0,53	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Total	99,07	99,54	99,14	99,51	99,54	99,09	99,45	99,16	100,82	100,46	100,34	100,24	101,33	100,87	99,82	99,79	98,95	99,34	99,24
Si	1,96	1,96	1,96	1,96	1,98	1,950	1,942	1,940	1,967	1,984	1,976	1,980	1,980	1,993	1,954	1,952	1,973	1,967	1,966
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,004	0,003	0,002	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,004	0,002	0,000	0,002	0,001
Cr	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,006	0,009	0,006	0,011	0,011	0,010	0,010	0,011	0,004	0,006	0,006	0,018	0,017	0,018
Al	0,07	0,08	0,07	0,06	0,05	0,089	0,088	0,099	0,038	0,041	0,040	0,039	0,039	0,029	0,077	0,087	0,046	0,052	0,053
Fe	0,15	0,15	0,15	0,15	0,14	0,139	0,149	0,153	0,135	0,109	0,109	0,108	0,124	0,098	0,160	0,142	0,097	0,091	0,099
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,005	0,004	0,004	0,004	0,000	0,005	0,003	0,007	0,008	0,010	0,005	0,005	0,004	0,003
Mg	0,98	0,92	0,95	0,94	0,93	0,897	0,902	0,877	0,977	0,943	0,963	0,939	0,948	0,941	0,892	0,889	0,953	0,942	0,940
Ca	0,79	0,83	0,84	0,83	0,82	0,903	0,902	0,918	0,872	0,899	0,893	0,912	0,883	0,915	0,890	0,914	0,898	0,916	0,912
Ni	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,002	0,003	0,002	0,003	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,003	0,001	0,000	0,001	0,000
Na	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,008	0,007	0,010	0,003	0,002	0,001	0,003	0,003	0,006	0,008	0,004	0,008	0,007	0,009
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,003	0,001
P	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Total	3,98	3,97	4,00	3,98	3,97	4,002	4,010	4,010	4,010	3,990	3,999	3,996	3,997	3,993	4,004	4,002	3,999	4,001	4,002
FM	13,15	13,61	13,62	14,18	14,01	13,83	14,49	15,19	12,50	10,39	10,62	10,63	12,12	10,12	16,01	14,19	9,69	9,15	9,80
Wo	41,29	43,80	43,25	43,02	43,10	46,46	46,09	47,03	43,85	46,06	45,33	46,48	45,01	46,62	45,61	46,86	45,98	46,91	46,67
En	50,99	48,55	49,02	48,90	48,93	46,13	46,10	44,92	49,13	48,34	48,87	47,84	48,33	47,98	45,68	45,60	48,79	48,23	48,10
Fs	7,72	7,65	7,73	8,08	7,97	7,40	7,81	8,05	7,02	5,60	5,81	5,69	6,67	5,40	8,71	7,54	5,23	4,86	5,23

TABLEAU I-29

Clinopyroxènes de différents gabbros et (*) des anorthosites filonitiques du massif de Tropeja.

N°d'anal	156/29	156/38	7M77	7M78	7M79	7M84	7M85	7M88114A175114A176114A186116A198116A204116A207	217/67*	217/68*	217/69*	217/56*	217/57*							
SiO2	51.78	52.85	51.51	51.49	52.27	52.50	52.75	52.01	53.99	54.31	54.44	52.55	53.31	52.81	52.41	54.58	54.41	53.60	53.57	53.61
TiO2	0.05	0.05	0.30	0.38	0.29	0.22	0.15	0.20	0.00	0.00	0.00	0.12	0.14	0.20	0.28	0.05	0.00	0.04	0.06	0.10
Cr2O3	0.15	0.05	0.02	0.01	0.09	0.02	0.00	0.07	0.58	0.46	0.11	0.00	0.04	0.06	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01
Al2O3	1.70	0.88	1.44	1.73	1.43	1.24	1.05	1.17	0.73	0.69	0.60	1.15	0.82	1.05	1.20	0.30	0.34	0.83	0.19	0.56
V2O3	0.00	0.04	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
FeO	7.01	8.32	9.38	10.38	10.00	9.30	9.29	9.82	4.21	3.93	2.40	9.22	8.96	9.54	9.60	5.54	5.52	5.26	7.02	7.43
MnO	0.10	0.17	0.23	0.28	0.27	0.29	0.08	0.26	0.00	0.17	0.10	0.59	0.26	0.52	0.45	0.00	0.04	0.02	0.10	0.11
MgO	15.60	14.67	13.54	13.47	13.55	13.63	13.85	13.73	19.14	18.94	17.85	14.07	13.84	14.36	14.18	15.95	16.05	15.77	14.53	14.48
CaO	21.56	21.05	21.73	21.40	22.15	22.14	22.17	21.46	20.68	21.17	24.03	21.36	22.39	21.11	20.85	25.24	25.22	24.77	25.26	25.06
NaO	0.21	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.12	0.06	0.00	0.07	0.00	0.15	nd	nd
Na2O	0.01	0.11	0.21	0.20	0.20	0.24	0.16	0.17	0.05	0.09	0.04	0.32	0.23	0.33	0.31	0.03	0.11	0.14	0.01	0.04
K2O	0.04	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00
P2O5	0.53	0.37	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Total	98.740	98.570	98.38	99.36	100.29	99.57	99.53	98.91	99.52	99.76	99.57	99.38	100.10	100.03	99.28	101.76	101.72	100.60	100.75	101.41
Si	1.940	1.980	1.960	1.940	1.960	1.970	1.980	1.970	1.971	1.977	1.985	1.974	1.987	1.972	1.971	1.981	1.977	1.967	1.981	1.971
Ti	0.000	0.000	0.010	0.010	0.010	0.010	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.003	0.004	0.006	0.008	0.001	0.000	0.001	0.002	0.003
Cr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.013	0.003	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Al	0.080	0.040	0.060	0.080	0.060	0.050	0.050	0.050	0.032	0.030	0.026	0.051	0.036	0.046	0.053	0.013	0.015	0.036	0.009	0.025
V	0.000	0.010	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fe	0.220	0.260	29.840	32.810	31.290	0.290	0.290	0.310	0.129	0.120	0.073	0.290	0.279	0.298	0.302	0.168	0.168	0.162	0.217	0.229
Mn	0.000	0.100	0.010	0.010	0.010	0.010	0.000	0.010	0.000	0.005	0.003	0.019	0.008	0.017	0.014	0.000	0.001	0.001	0.003	0.003
Mg	0.870	0.820	0.770	0.760	0.760	0.760	0.770	0.770	1.042	1.028	0.970	0.788	0.769	0.799	0.795	0.863	0.869	0.863	0.801	0.794
Ca	0.860	0.850	0.890	0.870	0.890	0.890	0.890	0.870	0.809	0.826	0.939	0.860	0.894	0.845	0.840	0.982	0.982	0.974	1.001	0.987
Na	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.004	0.002	0.000	0.002	0.000	0.004	nd	nd
Na	0.000	0.010	0.020	0.010	0.010	0.020	0.010	0.000	0.004	0.006	0.003	0.023	0.017	0.024	0.023	0.002	0.008	0.010	0.001	0.003
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000
P	0.020	0.010	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Total	4.000	3.980	4.010	4.010	4.010	4.000	4.000	4.010	4.006	4.004	4.002	4.008	3.999	4.010	4.006	4.012	4.020	4.018	4.014	4.015
FM	20.36	24.51	28.49	30.76	29.85	28.32	27.51	29.19	11.00	10.84	7.26	28.13	27.21	28.23	28.46	16.30	16.26	15.81	21.57	22.62
Wo	44.17	43.78	45.20	44.16	45.19	45.56	45.47	44.30	40.87	41.73	47.30	43.96	45.85	43.13	43.05	48.77	48.61	48.74	49.49	49.04
En	44.46	42.44	39.19	38.67	38.45	39.02	39.53	39.45	52.63	51.95	48.87	40.28	39.42	40.82	40.74	42.88	43.03	43.16	39.62	39.43
Fs	11.37	13.78	15.61	17.18	16.36	15.42	15.00	16.26	6.50	6.32	3.83	15.76	14.73	16.05	16.20	8.35	8.36	8.11	10.90	11.53

TABLEAU I-30

Amphiboles interstitielles dans différentes roches mantelliennes

Amphiboles interstitielles des chromitites mantelliennes												Amphiboles des dunites mantelliennes												Amphiboles des harzburgites mantelliennes																
N°d'anal												257/1 257/4 257/9 121A37 121A38 275/4 2275/43 275/28 275/45 275/48 23A216 166A75												122A18 122A19 122A20 276/43 171/75 171/76																
SiO2	47.98	55.32	50.49	56.26	55.77	55.63	58.12	58.35	56.55	58.49	58.97	56.82	57.24	55.14	55.47	57.21	58.77	52.13	58.53	58.65	58.65	56.54	57.14	56.31	58.53	58.65	58.65	56.54	57.14	56.31	0.00	0.00	0.01	0.06	0.00					
TiO2	0.14	0.11	0.32	0.04	0.11	0.09	0.03	0.02	0.06	0.04	0.02	0.00	0.08	0.01	0.04	0.02	0.01	0.10	0.00	0.00	0.00	0.01	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.06	0.00	0.33	0.13	0.31	0.53	0.39	0.41				
Cr2O3	2.56	0.92	2.72	0.90	0.95	0.67	0.21	0.20	0.73	0.33	0.04	0.04	0.18	1.15	0.73	0.33	0.33	1.83	0.33	0.13	0.31	0.53	0.39	0.41	0.33	0.13	0.31	0.53	0.39	0.41	0.33	0.13	0.31	0.53	0.39	0.41				
V2O3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.16	0.00	0.00	nd	nd	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd				
Al2O3	7.50	1.36	5.76	1.55	1.50	2.05	0.47	0.53	1.88	0.49	0.30	0.27	0.24	3.36	2.37	0.30	0.85	5.88	1.02	0.31	0.95	1.40	0.73	1.12	1.02	0.31	0.95	1.40	0.73	1.12	1.02	0.31	0.95	1.40	0.73	1.12				
FeO	0.94	2.18	1.60	1.03	1.02	1.11	1.39	1.54	1.75	2.23	1.46	1.26	1.43	1.00	1.59	1.93	1.12	1.76	1.55	2.23	1.54	4.14	2.57	2.47	1.55	2.23	1.54	4.14	2.57	2.47	1.55	2.23	1.54	4.14	2.57	2.47				
MnO	0.01	0.18	0.12	0.00	0.12	0.02	0.00	0.01	0.00	0.11	0.02	0.00	0.07	0.10	0.01	0.10	0.02	0.07	0.00	0.12	0.12	0.14	0.00	0.10	0.00	0.12	0.12	0.14	0.00	0.10	0.00	0.12	0.12	0.14	0.00	0.10				
MgO	22.14	22.53	21.89	23.71	23.54	23.23	24.36	24.24	24.13	23.20	24.04	26.12	25.06	23.79	24.59	24.94	23.58	22.32	24.17	23.39	24.29	29.29	22.91	22.39	24.17	23.39	24.29	29.29	22.91	22.39	24.17	23.39	24.29	29.29	22.91	22.39				
CaO	12.34	12.90	10.87	12.31	12.75	12.88	13.13	12.97	12.99	12.89	12.95	13.07	13.01	12.51	12.91	12.84	12.69	12.78	12.96	13.15	13.05	7.29	12.94	12.75	12.96	13.15	13.05	7.29	12.94	12.75	12.96	13.15	13.05	7.29	12.94	12.75				
NiO	0.22	0.00	0.14	0.00	0.07	0.10	0.00	0.05	0.08	0.13	0.17	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	nd	0.16	0.08	0.23	0.04	0.07	0.04	0.09	0.08	0.23	0.04	0.07	0.04	0.09	0.08	0.23	0.04	0.07	0.04	0.09				
Na2O	2.39	0.11	2.26	0.30	0.32	0.34	0.13	0.13	0.27	0.07	0.08	0.10	0.02	0.76	0.29	0.02	0.17	1.23	0.07	0.00	0.08	0.00	0.17	0.44	0.07	0.00	0.08	0.00	0.17	0.44	0.07	0.00	0.08	0.00	0.17	0.44				
K2O	0.07	0.04	0.13	0.08	0.10	0.10	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.21	0.01	0.00	0.04	0.04	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.07	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.07	0.00	0.01	0.01	0.07	0.00	0.01	0.07			
P2O5	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.32	0.22	0.36	nd	nd	0.34	0.31	0.25	0.27	0.20	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd			
H2O	2.12	2.13	2.12	2.17	2.16	2.16	2.21	2.21	2.21	2.20	2.21	2.15	2.20	2.10	2.10	2.15	2.21	2.17	2.22	2.20	2.23	2.23	2.17	2.15	2.22	2.20	2.23	2.23	2.17	2.15	2.22	2.20	2.23	2.17	2.15	2.22	2.20	2.23	2.17	
Total	98.41	97.79	98.41	98.35	98.41	98.36	100.54	100.49	101.01	100.17	100.27	100.16	99.85	100.48	100.38	100.20	99.78	100.47	100.93	100.43	101.28	101.64	99.12	98.30	100.93	100.43	101.28	101.64	99.12	98.30	100.93	100.43	101.28	101.64	99.12	98.30	100.93	100.43	101.28	101.64
Si	6.780	7.770	7.127	7.789	7.745	7.725	7.870	7.900	7.660	7.969	7.992	7.543	7.700	7.332	7.407	7.701	7.982	7.187	7.891	7.976	7.887	7.592	7.894	7.858	7.891	7.976	7.887	7.592	7.894	7.858	7.891	7.976	7.887	7.592	7.894	7.858	7.891	7.976	7.887	
Ti	0.020	0.012	0.034	0.004	0.012	0.009	0.000	0.000	0.010	0.004	0.002	0.000	0.005	0.001	0.002	0.001	0.001	0.010	0.000	0.000	0.000	0.001	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Cr	0.290	0.100	0.303	0.099	0.105	0.074	0.020	0.020	0.080	0.035	0.005	0.002	0.011	0.066	0.042	0.019	0.036	0.200	0.035	0.015	0.033	0.056	0.043	0.045	0.035	0.015	0.033	0.056	0.043	0.045	0.035	0.015	0.033	0.056	0.043	0.045	0.035	0.015	0.033	
V	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.020	0.000	0.000	nd	nd	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
Al-IV	1.220	0.230	0.873	0.212	0.245	0.276	0.070	0.080	0.300	0.031	0.008	0.043	0.039	0.548	0.388	0.050	0.018	0.813	0.109	0.024	0.113	0.221	0.106	0.142	0.109	0.024	0.113	0.221	0.106	0.142	0.109	0.024	0.113	0.221	0.106	0.142	0.109	0.024	0.113	
Al-VI	0.030	0.000	0.084	0.042	0.000	0.060	0.000	0.000	0.000	0.048	0.040	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.119	0.143	0.054	0.025	0.038	0.000	0.013	0.042	0.054	0.025	0.038	0.000	0.013	0.042	0.054	0.025	0.038	0.000	0.013	0.042	0.054	0.025	0.038	
Fe	0.110	0.260	0.189	0.119	0.119	0.128	0.160	0.170	0.200	0.254	0.166	0.070	0.081	0.056	0.089	0.109	0.127	0.203	0.175	0.254	0.174	0.465	0.297	0.289	0.175	0.254	0.174	0.465	0.297	0.289	0.175	0.254	0.174	0.465	0.297	0.289	0.175	0.254	0.174	
Mn	0.000	0.020	0.015	0.000	0.014	0.002	0.000	0.000	0.000	0.012	0.003	0.000	0.004	0.006	0.001	0.006	0.002	0.008	0.000	0.014	0.013	0.016	0.000	0.012	0.000	0.014	0.013	0.016	0.000	0.012	0.000	0.014	0.013	0.016	0.000	0.012	0.000	0.014	0.013	
Mg	4.660	4.720	4.605	4.894	4.872	4.808	4.920	4.890	4.870	4.711	4.857	5.972	5.807	5.448	5.655	5.782	4.775	4.588	4.857	4.742	4.869	5.861	4.718	4.658	4.857	4.742	4.869	5.861	4.718	4.658	4.857	4.742	4.869	5.861	4.718	4.658	4.857	4.742	4.869	
Ca	1.870	1.940	1.644	1.826	1.897	1.916	1.900	1.880	1.890	1.882	1.880	1.302	1.314	1.249	1.295	1.298	1.846	1.888	1.873	1.917	1.881	1.048	1.916	1.906	1.873	1.917	1.881	1.048	1.916	1.906	1.873	1.917	1.881	1.048	1.916	1.906	1.873	1.917	1.881	
Ni	0.030	0.000	0.016	0.000	0.008	0.011	0.000	0.010	0.010	0.014	0.019	0.000	0.001	0.000	0.000	0.008	nd	0.018	0.008	0.025	0.004	0.008	0.005	0.010	0.008	0.025	0.004	0.008	0.005	0.010	0.008	0.025	0.004	0.008	0.005	0.010	0.008	0.025	0.004	
Na	0.650	0.030	0.618	0.081	0.085	0.091	0.030	0.030	0.070	0.019	0.020	0.032	0.007	0.239	0.093	0.005	0.044	0.328	0.019	0.001	0.020	0.000	0.046	0.118	0.019	0.001	0.020	0.000	0.046	0.118	0.019	0.001	0.020	0.000	0.046	0.118	0.019	0.001		
K	0.010	0.010	0.020	0.010	0.020	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.025	0.002	0.000	0.007	0.007	0.000	0.002	0.001	0.001	0.001	0.013	0.000	0.002	0.001	0.001	0.001	0.013	0.000	0.002	0.001	0.001	0.001	0.013	0.000	0.002	0.001	
P	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.040	0.030	0.040	nd	nd	0.034	0.032	0.025	0.027	0.021	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Total	15.660	16.080	15.530	15.079	15.120	15.116	15.030	15.030	15.120	14.980	14.991	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	14.956	15.393	15.020	14.994	15.032	15.269	15.043	15.093	15.020	14.994	15.032	15.269	15.043	15.093	15.020	14.994	15.032	15.269	15.043	15.093	15.020	14.994	15.032	
OH	2.00	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
FM	2.35	5.54	4.23	2.38	2.66	2.64	3.11	3.48	3.91	5.36																														

Amphiboles des gabbros pegmatitiques

N°d'anal	156/27	156/30	156/31	156/35	156/36	156/37	12/86	12/87	12/88	12/58	12/60	12/61	12/66	12/67	12/70	12/72	12/78	12/83	12/84
SiO2	51,32	51,65	51,09	50,86	51,34	53,97	52,99	51,43	50,22	49,37	48,93	48,84	51,60	54,11	53,47	51,40	50,68	49,83	49,00
TiO2	0,37	0,25	0,39	0,20	0,19	0,14	0,25	0,33	0,48	0,59	0,58	0,58	0,48	0,35	0,17	0,40	0,53	0,49	0,64
Cr2O3	0,00	0,01	0,06	0,04	0,14	0,05	0,07	0,01	0,01	0,00	0,06	0,06	0,07	0,15	0,07	0,00	0,00	0,08	0,04
V2O3	0,09	0,04	0,11	0,00	0,07	0,00	0,13	0,02	0,29	0,14	0,03	0,29	0,06	0,10	0,00	0,08	0,00	0,09	0,26
Al2O3	4,57	5,33	5,05	4,70	4,47	2,25	3,74	4,33	5,73	6,06	6,07	5,84	4,96	3,45	3,02	4,35	4,74	5,26	6,15
MnO	0,18	0,11	0,10	0,11	0,19	0,15	0,21	0,44	0,24	0,19	0,16	0,31	0,35	0,18	0,24	0,09	0,29	0,02	0,22
MgO	16,43	17,65	15,98	16,62	16,63	17,49	15,82	16,49	15,67	14,72	14,60	14,98	15,70	16,64	17,01	15,79	15,48	15,49	14,90
FeO	12,10	9,70	12,28	12,99	13,36	11,78	12,56	12,66	13,31	13,95	14,00	14,65	12,84	12,01	11,79	13,51	12,78	13,63	13,10
CaO	10,36	11,07	10,22	10,09	10,23	10,37	10,84	10,34	10,70	10,27	10,29	10,23	10,40	10,97	10,50	9,95	10,37	10,51	10,90
NiO	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,06	0,05	0,22	0,19	0,00	0,00	0,15	0,09	0,06	0,00	0,05
Na2O	0,47	0,37	0,48	0,45	0,40	0,28	0,57	0,52	0,72	1,00	0,94	0,80	0,58	0,36	0,43	0,60	0,62	0,63	0,68
K2O	0,07	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,06	0,11	0,21	0,14	0,06	0,12	0,17	0,10	0,07	0,08	0,21	0,12	0,20
P2O5	0,12	0,18	0,25	0,25	0,18	0,25	0,23	0,16	0,13	0,18	0,16	0,28	0,25	0,21	0,09	0,16	0,27	0,09	0,08
H2O	2,06	2,09	2,06	2,06	2,07	2,09	2,09	2,07	2,07	2,04	2,03	2,04	2,08	2,12	2,09	2,06	2,05	2,04	2,04
Total	98,15	98,64	98,12	98,40	99,07	98,83	99,56	98,95	99,85	98,70	98,13	99,20	99,54	100,74	99,09	98,55	98,09	98,27	98,25
Si	7,470	7,410	7,430	7,410	7,440	7,750	7,610	7,460	7,270	7,240	7,230	7,170	7,430	7,650	7,680	7,490	7,420	7,320	7,210
Ti	0,040	0,030	0,040	0,020	0,020	0,020	0,030	0,040	0,050	0,060	0,060	0,060	0,050	0,040	0,020	0,040	0,060	0,050	0,070
Cr	0,000	0,000	0,010	0,000	0,020	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,010	0,010	0,010	0,020	0,010	0,000	0,000	0,010	0,000
V	0,010	0,000	0,010	0,000	0,010	0,000	0,020	0,000	0,030	0,020	0,000	0,030	0,010	0,010	0,000	0,010	0,000	0,010	0,030
Al-IV	0,530	0,590	0,570	0,590	0,560	0,250	0,390	0,540	0,730	0,760	0,770	0,830	0,570	0,350	0,320	0,510	0,580	0,680	0,790
Al-VI	0,250	0,310	0,300	0,220	0,200	0,130	0,240	0,200	0,250	0,290	0,290	0,180	0,270	0,220	0,190	0,240	0,240	0,230	0,280
Mn	0,020	0,010	0,010	0,010	0,020	0,020	0,030	0,050	0,030	0,020	0,020	0,040	0,040	0,020	0,030	0,010	0,040	0,000	0,030
Mg	3,570	3,770	3,470	3,610	3,540	3,740	3,390	3,560	3,380	3,220	3,210	3,280	3,370	3,500	3,640	3,430	3,380	3,390	3,270
Fe	1,470	1,160	1,490	1,580	1,620	1,410	1,510	1,540	1,610	1,710	1,730	1,800	1,550	1,420	1,420	1,650	1,560	1,670	1,610
Ca	1,620	1,700	1,590	1,570	1,590	1,600	1,670	1,610	1,660	1,610	1,630	1,610	1,610	1,660	1,620	1,550	1,630	1,650	1,720
Ni	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,010	0,030	0,020	0,000	0,000	0,020	0,010	0,010	0,000	0,010
Na	0,130	0,100	0,140	0,130	0,110	0,080	0,160	0,150	0,200	0,290	0,270	0,230	0,160	0,100	0,120	0,170	0,180	0,180	0,190
K	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,000	0,010	0,020	0,040	0,030	0,010	0,020	0,030	0,020	0,010	0,020	0,040	0,020	0,040
P	0,010	0,020	0,030	0,030	0,020	0,030	0,030	0,020	0,020	0,020	0,020	0,030	0,030	0,030	0,010	0,020	0,030	0,010	0,010
Total	15,140	15,140	15,100	15,180	15,170	15,040	15,080	15,190	15,270	15,280	15,280	15,310	15,130	15,030	15,090	15,150	15,160	15,240	15,260
OH	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00

TABLEAU I-32

Amphiboles de différents gabbros

Amphiboles des gabbros

Amphiboles des gabbros filonitens.

N°d'anal	37M91	37M92	37M93	37M94	37M95	37M96	37M97	37M98	118A210	118A211	118A212	118A213	114A178	114A179	114A180	114A181	114A182	114A184	114A185	105A12	105A12	105A124
SiO ₂	53.18	54.75	50.73	50.25	50.26	51.04	50.63	51.84	52.46	51.74	53.36	52.38	51.76	51.73	51.87	49.91	53.22	52.20	50.23	46.92	45.19	46.02
TiO ₂	0.23	0.19	1.01	1.02	0.60	0.83	0.89	0.45	0.34	0.33	0.40	0.36	0.60	0.51	0.34	0.69	0.36	0.46	0.63	0.78	0.89	0.68
Cr ₂ O ₃	0.03	0.00	0.08	0.07	0.24	0.06	0.02	0.12	0.02	0.02	0.03	0.01	0.14	0.08	0.11	0.09	0.00	0.12	0.08	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	3.74	3.01	4.27	4.77	4.56	4.60	4.76	3.96	3.86	4.38	3.55	4.30	4.74	4.36	4.42	5.92	3.76	4.77	5.64	7.28	8.67	8.71
FeO	9.79	9.73	15.15	14.95	15.92	14.42	15.34	14.80	11.78	11.21	11.29	10.86	11.54	14.37	12.40	13.63	11.50	12.47	13.89	23.74	22.15	22.27
MnO	0.26	0.13	0.22	0.19	0.35	0.44	0.37	0.16	0.38	0.18	0.28	0.07	0.15	0.27	0.25	0.15	0.32	0.36	0.37	0.25	0.22	0.51
MgO	18.63	18.25	15.40	15.34	14.43	15.07	14.88	15.40	16.25	16.77	16.87	16.81	15.73	15.79	15.91	14.44	16.77	15.52	15.22	9.57	9.51	9.15
CaO	11.82	11.35	11.47	11.26	11.06	10.91	11.28	12.30	11.37	11.20	11.28	11.12	11.53	9.77	11.46	11.43	11.46	11.57	10.27	7.69	9.25	8.98
NaO	0.06	0.02	0.11	0.06	0.00	0.02	0.00	0.12	0.00	0.00	0.08	0.04	0.00	0.11	0.03	0.11	0.00	0.00	0.12	0.07	0.03	0.00
Na ₂ O	0.61	0.43	0.80	0.89	0.84	0.05	0.95	0.51	0.54	0.63	0.57	0.53	0.44	0.36	0.45	0.68	0.45	0.42	0.61	0.88	1.14	0.97
K ₂ O	0.03	0.03	0.22	0.27	0.08	0.10	0.23	0.02	0.08	0.01	0.03	0.05	0.07	0.13	0.07	0.26	0.14	0.10	0.18	0.35	0.30	0.33
H ₂ O	2.12	2.13	2.08	2.08	2.05	2.06	2.08	2.10	2.08	2.07	2.10	2.08	2.07	2.07	2.08	2.06	2.10	2.09	2.06	1.98	1.97	1.98
Total	100.51	100.02	101.54	101.16	100.38	99.61	101.45	101.76	99.16	98.55	99.85	98.63	98.76	99.56	99.39	99.38	100.09	100.07	99.30	99.50	99.31	99.60
Si	7.510	7.717	7.305	7.258	7.335	7.418	7.300	7.418	7.568	7.489	7.614	7.548	7.487	7.492	7.490	7.282	7.588	7.485	7.317	7.119	6.876	6.967
Ti	0.024	0.020	0.110	0.111	0.066	0.091	0.097	0.048	0.036	0.036	0.043	0.039	0.065	0.056	0.037	0.076	0.038	0.049	0.069	0.089	0.102	0.078
Cr	0.004	0.000	0.009	0.008	0.028	0.007	0.003	0.014	0.002	0.002	0.004	0.002	0.016	0.010	0.013	0.011	0.000	0.014	0.009	0.000	0.000	0.000
Al-IV	0.490	0.283	0.695	0.742	0.665	0.582	0.700	0.582	0.432	0.511	0.386	0.452	0.513	0.508	0.510	0.718	0.412	0.515	0.683	0.881	1.124	1.034
Al-VI	0.133	0.218	0.030	0.070	0.120	0.206	0.109	0.086	0.224	0.237	0.211	0.279	0.295	0.237	0.242	0.300	0.220	0.291	0.285	0.421	0.431	0.521
Fe	1.157	1.147	1.824	1.806	1.943	1.753	1.849	1.771	1.421	1.357	1.347	1.309	1.396	1.741	1.497	1.663	1.371	1.495	1.693	3.012	2.819	2.819
Mn	0.031	0.016	0.027	0.024	0.043	0.054	0.046	0.019	0.046	0.022	0.034	0.009	0.018	0.033	0.030	0.019	0.038	0.043	0.046	0.032	0.029	0.066
Mg	3.923	3.835	3.305	3.304	3.139	3.265	3.198	3.284	3.495	3.618	3.588	3.611	3.392	3.408	3.425	3.139	3.564	3.318	3.304	2.165	2.156	2.065
Ca	1.788	1.714	1.770	1.743	1.729	1.700	1.743	1.885	1.758	1.737	1.724	1.717	1.786	1.516	1.774	1.787	1.751	1.777	1.602	1.250	1.507	1.456
Ni	0.007	0.002	0.012	0.007	0.000	0.003	0.000	0.014	0.000	0.000	0.009	0.005	0.000	0.013	0.003	0.013	0.000	0.000	0.015	0.009	0.004	0.000
Na	0.168	0.119	0.223	0.250	0.238	0.014	0.266	0.141	0.152	0.177	0.159	0.149	0.123	0.100	0.126	0.193	0.125	0.116	0.171	0.258	0.335	0.285
K	0.005	0.005	0.041	0.050	0.014	0.019	0.042	0.003	0.015	0.003	0.006	0.009	0.012	0.024	0.013	0.048	0.025	0.019	0.034	0.068	0.057	0.064
Total	15.239	15.074	15.351	15.371	15.319	15.110	15.352	15.265	15.150	15.190	15.125	15.126	15.103	15.137	15.161	15.248	15.133	15.123	15.228	15.304	15.441	15.353
OH	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
FM	23.24	23.26	35.90	35.65	38.75	35.62	37.20	35.28	29.57	27.60	27.79	26.74	29.42	34.22	30.84	34.89	28.33	31.68	34.48	58.44	56.91	58.28

TABLEAU I-34

Amphiboles en inclusion dans les spinelles accessoires de différentes roches

Chromitites mantelliques		Harzburgites-lherzolites(*)			Chromitites cumulatives											
N°d'anal142A/20142A/21		7/113	7/114	9M*55	50A70	128A94	128A95	128A96	128A99	128A100	a90/23	a90/8	c90/25	c90/27	a90/27	
SiO2	51.98	50.39	57.60	57.14	41.36	52.37	57.90	58.53	58.50	58.27	58.87	47.51	47.78	52.23	53.24	49.98
TiO2	0.22	0.23	0.00	0.00	0.85	0.25	0.04	0.05	0.03	0.03	0.03	0.56	0.60	0.23	0.40	0.38
Cr2O3	2.32	2.92	0.77	1.13	2.08	0.84	0.20	0.19	0.07	0.25	0.25	2.75	2.93	2.21	3.17	2.81
Al2O3	8.83	9.11	1.26	1.75	10.35	4.49	0.38	0.19	0.27	0.28	0.31	7.66	8.22	5.70	5.19	6.58
FeO	1.40	1.73	1.71	1.49	5.68	8.34	2.00	0.59	0.76	0.74	0.70	2.53	3.41	0.89	0.98	2.67
MnO	0.00	0.05	0.00	0.14	0.03	0.13	0.05	0.12	0.17	0.05	0.01	0.00	0.16	0.04	0.00	0.11
MgO	20.78	20.55	23.60	23.40	21.69	18.33	23.22	24.76	24.50	24.30	24.14	23.34	20.75	23.45	22.79	22.74
CaO	11.96	11.90	13.03	13.08	11.01	10.76	13.02	12.56	12.61	12.61	12.71	11.63	11.73	7.96	9.66	11.74
NiO	0.14	0.17	0.08	0.11	0.11	0.21	0.00	0.12	0.02	0.00	0.00	0.06	nd	nd	nd	0.13
Na2O	0.53	1.48	0.19	0.25	3.11	0.47	0.06	0.00	0.00	0.00	0.03	2.69	2.51	3.80	4.04	2.06
K2O	0.06	0.16	0.03	0.05	0.07	0.11	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.03	0.02	0.11	0.02	0.05
H2O	2.19	2.18	2.21	2.21	2.04	2.09	2.18	2.20	2.20	2.19	2.20	2.15	2.13	2.16	2.20	2.17
Total	100.42	100.87	100.47	100.75	98.38	98.41	99.07	99.32	99.12	98.71	99.25	100.91	100.25	98.78	101.68	101.42
Si	7.104	6.930	7.831	7.761	6.066	7.500	7.969	7.978	7.989	7.989	8.000	6.621	6.725	7.258	7.243	6.892
Ti	0.023	0.024	0.000	0.000	0.094	0.030	0.004	0.005	0.003	0.003	0.003	0.058	0.064	0.024	0.041	0.040
Cr	0.251	0.318	0.083	0.121	0.241	0.090	0.022	0.020	0.008	0.028	0.027	0.303	0.326	0.242	0.341	0.307
Al-IV	0.896	1.070	0.169	0.239	1.789	0.500	0.031	0.022	0.011	0.011	0.000	1.258	1.275	0.742	0.757	1.069
Al-VI	0.526	0.407	0.033	0.041	0.000	0.260	0.030	0.007	0.032	0.034	0.050	0.000	0.089	0.192	0.075	0.000
Fe	0.160	0.200	0.194	0.170	0.697	1.000	0.231	0.068	0.086	0.085	0.080	0.295	0.402	0.103	0.111	0.308
Mn	0.000	0.005	0.000	0.016	0.004	0.020	0.006	0.013	0.019	0.006	0.001	0.000	0.019	0.004	0.000	0.013
Mg	4.234	4.212	4.783	4.738	4.742	3.910	4.764	5.030	4.986	4.965	4.900	4.847	4.354	4.857	4.621	4.674
Ca	1.752	1.754	1.899	1.904	1.730	1.650	1.920	1.835	1.844	1.853	1.855	1.737	1.769	1.185	1.408	1.735
Ni	0.015	0.019	0.008	0.012	0.014	0.020	0.000	0.013	0.002	0.000	0.000	0.007	nd	nd	nd	0.015
Na	0.141	0.394	0.049	0.065	0.885	0.130	0.017	0.000	0.000	0.000	0.007	0.727	0.685	1.024	1.065	0.551
K	0.011	0.028	0.006	0.009	0.012	0.020	0.000	0.003	0.002	0.000	0.000	0.005	0.004	0.020	0.004	0.009
Total	15.113	15.360	15.054	15.076	16.274	16.130	14.994	14.994	14.983	14.972	14.923	15.859	15.711	15.652	15.665	15.611
OH	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
FM	3.64	4.64	3.91	3.77	12.87	20.60	4.74	1.59	2.07	1.80	1.64	5.74	8.81	2.16	2.35	6.43

TABLEAU I-35

Plagioclases de différentes roches du massif de Trovoja

Plagioclase des gabbros pegmatitiques.				Plagioclases des roches effusives.															
				Werhille															
N°d'anal	12/64	12/80	12/81	12/82	14M99	49M117	49M123	119A223	119A224	119A225	101A6	101A8	101A9	101A10	101A18	101A19	101A16	101A17	
SiO2	45.72	45.31	45.13	45.25	44.14	69.15	68.25	68.40	69.10	68.50	69.09	69.57	68.05	69.05	69.83	68.45	68.71	68.53	
TiO2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.08	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.05	
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00	
Al2O3	34.80	34.98	35.27	34.90	35.68	20.50	19.94	20.14	20.41	20.49	19.59	20.03	19.84	20.09	19.34	19.71	19.64	19.63	
MnO	0.00	0.00	0.04	0.08	0.31	0.00	0.15	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.17	0.01	0.00	0.09	0.10	
MgO	0.02	0.00	0.00	0.01	0.12	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	0.07	0.04	0.02	0.00	0.01	0.00	
FeO	0.14	0.18	0.16	0.16	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	20.03	0.17	0.17	0.21	0.39	0.45	0.02	0.06	0.02	0.12	0.00	0.03	0.17	0.21	
CaO	16.73	17.22	17.39	17.15	0.13	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	nd	nd	nd	nd	
Na2O	0.94	0.77	0.74	0.90	0.29	11.52	9.35	9.93	10.77	10.14	11.40	11.02	11.16	10.78	11.47	10.95	11.62	11.53	
K2O	0.03	0.02	0.03	0.01	0.00	0.05	3.94	0.08	0.01	0.06	0.00	0.04	0.01	0.07	0.06	0.05	0.07	0.04	
Total	98.39	98.48	98.86	98.48	100.82	101.42	102.04	98.84	100.68	99.73	100.10	100.84	99.27	100.33	100.80	99.21	100.33	100.09	
Si	2.120	2.100	2.090	2.100	2.030	2.970	2.970	3.000	2.986	2.983	3.006	3.001	2.988	2.995	3.018	3.001	2.991	2.990	
Ti	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	
Cr	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	
Al	1.900	1.910	1.920	1.910	1.940	1.040	1.020	1.041	1.039	1.052	1.005	1.018	1.027	1.027	0.985	1.018	1.008	1.009	
Mn	0.000	0.000	0.000	0.001	0.010	0.000	0.010	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.001	0.000	0.003	0.004	
Mg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	
Fe	0.010	0.010	0.010	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	
Ni	0.000	0.000	0.000	0.001	0.990	0.010	0.010	0.010	0.018	0.021	0.001	0.003	0.001	0.006	0.000	0.002	0.008	0.010	
Ca	0.830	0.850	0.860	0.850	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	nd	nd	nd	nd	
Na	0.080	0.070	0.070	0.080	0.030	0.960	0.790	0.845	0.903	0.857	0.961	0.922	0.950	0.907	0.961	0.931	0.981	0.976	
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.220	0.004	0.000	0.003	0.000	0.002	0.001	0.004	0.003	0.003	0.004	0.002	
Total	4.950	4.940	4.950	4.960	5.010	4.990	5.020	4.903	4.946	4.919	4.972	4.949	4.974	4.946	4.971	4.956	4.996	4.992	
Ab	9.26	7.50	7.17	8.67	2.57	98.95	99.97	98.36	98.02	97.23	99.91	99.47	99.83	98.93	99.65	99.53	98.85	98.76	
Or	0.17	0.13	0.18	0.05	0.02	0.26	77.70	0.51	0.04	0.36	0.00	0.21	0.05	0.45	0.35	0.31	0.38	0.24	
An	90.57	92.37	92.65	91.28	97.41	0.79	21.53	1.13	1.94	2.41	0.09	0.31	0.12	0.62	0.00	0.16	0.78	0.99	
FM	77.69	100.00	100.00	89.95	74.85	56.00	0.76	86.26	100.00	19.48	0.00	100.00	76.33	100.00	100.00	0.00	100.00	100.00	

TABLEAU I-36

Plagioclases des gabbros et des anorthosites

N°d'anal	Plagioclases des gabbros.															Plagioclases des anorthosites				
	34M72	34M73	34M86	34M87	34M88	7M76	7M89	7M90	116A202	116A203	116A205	116A206	29M97	29M98	29M99	217/55	217/56	217/59	217/59	217/60
SiO ₂	46.25	45.42	45.49	46.02	45.62	46.20	46.05	46.27	49.55	50.26	49.09	50.54	47.37	47.14	47.87	45.05	44.87	66.46	63.88	63.75
TiO ₂	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.09	0.00	0.02	0.05	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	0.06	0.00	0.02	0.02
Cr ₂ O ₃	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.03	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	34.06	34.61	34.18	34.17	34.46	34.36	33.89	34.13	31.95	32.09	32.69	31.66	33.64	33.59	33.60	35.52	35.59	20.88	22.91	22.85
FeO	0.32	0.31	0.32	0.52	0.52	0.36	0.26	0.17	0.61	0.53	0.46	0.42	0.66	0.74	0.46	0.20	0.22	0.00	0.02	0.01
MnO	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03	0.12	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00
MgO	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.02	0.03	0.05	0.00	0.01	0.00	0.01	0.05	0.03	0.01	0.00	0.00
NiO	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.02	0.02	0.06	0.06	0.04	nd	nd
CaO	17.57	18.08	17.74	17.44	17.81	17.88	17.53	18.16	14.72	14.25	15.17	14.48	16.88	16.73	16.02	18.87	18.57	1.42	3.98	3.99
Na ₂ O	1.41	1.22	1.46	1.51	1.39	1.27	1.38	1.39	3.45	3.09	2.88	3.34	1.81	1.90	2.18	0.84	0.87	10.38	9.37	9.24
K ₂ O	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.04	0.00	0.01	0.02	0.04	0.00	0.01	0.01	0.13	0.00	0.01	0.16	0.40	0.45
Total	99.68	99.69	99.28	99.66	99.83	100.08	99.27	100.24	100.32	100.28	100.50	100.44	100.41	100.19	100.43	100.64	100.30	99.35	100.60	100.31
Si	2.135	2.101	2.114	2.128	2.109	2.130	2.140	2.130	2.262	2.284	2.236	2.295	2.170	2.166	2.188	2.068	2.065	2.928	2.809	2.810
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.001	0.001
Cr	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
Al	1.854	1.887	1.872	1.862	1.878	1.860	1.850	1.850	1.719	1.719	1.755	1.695	1.816	1.819	1.810	1.922	1.931	1.084	1.187	1.187
Fe	0.012	0.012	0.012	0.020	0.020	0.010	0.010	0.010	0.023	0.020	0.018	0.016	0.025	0.029	0.018	0.008	0.009	0.000	0.001	0.000
Mn	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.005	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Mg	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.003	0.000	0.001	0.000	0.001	0.003	0.002	0.001	0.000	0.000
Ni	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	nd	nd
Ca	0.869	0.896	0.883	0.864	0.882	0.880	0.870	0.890	0.720	0.694	0.740	0.705	0.828	0.824	0.784	0.928	0.916	0.067	0.188	0.189
Na	0.127	0.110	0.131	0.136	0.125	0.110	0.120	0.120	0.305	0.272	0.255	0.294	0.161	0.169	0.193	0.075	0.077	0.887	0.799	0.790
K	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000	0.001	0.009	0.022	0.025
Total	5.000	5.009	5.016	5.009	5.015	5.000	5.000	5.010	5.031	4.992	5.013	5.004	5.002	5.009	5.007	5.007	5.005	4.977	5.007	5.002
FM	100.00	92.89	100.00	100.00	95.13	99.99	89.42	91.72	93.22	90.90	84.56	100.00	96.55	100.00	97.51	68.81	79.02	0.00	100.00	66.20
Ab	12.70	10.90	12.95	13.56	12.36	11.40	12.43	12.19	29.75	28.14	25.53	29.44	16.27	17.03	19.59	7.45	7.78	92.11	79.20	78.70
Or	0.08	0.11	0.00	0.00	0.07	0.02	0.25	0.00	0.05	0.09	0.22	0.00	0.04	0.04	0.76	0.00	0.05	0.94	2.21	2.50
An	87.22	88.99	87.05	86.44	87.57	88.58	87.31	87.81	70.20	71.77	74.25	70.56	83.70	82.92	79.65	92.55	92.17	6.95	18.59	18.80

TABLEAU I-37

Chlorites de différentes roches dans le massif de Tropoja

Incluses dans le spinelle accessoire des dunites cumulatives							Chlorite Interstitielle des chromites mantelliqques													Incluses dans la chromite cumulative			
N°d'anal	4/1	4/2	4/3	4/5	4/6	4/7	46A97	45A109	42A171	34A101	49A178	139A55	138A92	135A30	135A31	135A32	25A130	120A54	120A55	a90/24	a90/26	a90/36	a90/37
SiO2	33,22	33,00	33,05	32,79	33,01	32,96	31,24	33,89	31,98	32,64	32,67	33,61	32,69	32,91	32,80	31,41	35,26	32,01	32,50	32,60	42,68	40,91	40,40
TiO2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,01	0,00	0,15	0,01	0,00	0,01	0,00	0,05	0,00	0,00	0,05	0,00	0,01	0,04	0,34	0,74	0,68	0,90
Cr2O3	2,48	2,69	3,33	2,31	2,41	2,75	2,56	0,28	2,29	2,93	3,50	2,91	2,50	2,46	2,86	3,46	3,75	3,52	2,74	4,41	3,34	2,00	2,01
Al2O3	13,66	13,43	13,26	14,23	13,36	13,29	16,48	14,81	16,17	15,37	14,64	16,23	17,94	14,94	14,30	16,27	10,11	14,91	15,24	12,99	13,47	12,58	12,46
FeO	2,33	2,36	1,89	2,03	2,23	2,49	1,07	0,97	1,08	0,93	1,26	0,97	1,40	1,52	1,72	2,99	0,84	0,81	0,82	5,67	1,42	1,58	1,67
MnO	0,05	0,04	0,05	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,08	0,00	0,00	0,03	0,00	0,06	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,03	0,00
MgO	34,94	35,16	34,03	34,56	34,39	34,89	34,06	34,81	33,90	33,49	33,61	35,22	34,76	34,50	34,28	32,74	36,45	34,97	35,65	29,63	21,36	25,01	25,51
CaO	0,01	0,02	0,00	0,05	0,03	0,07	0,04	0,03	0,01	0,02	0,04	0,01	0,00	0,05	0,04	0,03	0,02	0,00	0,01	0,15	0,79	0,87	0,83
NiO	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,19	0,39	0,25	0,07	0,30	0,50	0,31	0,15	0,17	0,20	0,25	0,14	0,06	0,11
Na2O	0,00	0,01	0,03	0,08	0,00	0,04	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,05	0,02	0,01	0,04	0,11	2,19	1,52	1,33
K2O	0,00	0,01	0,00	0,05	0,05	0,00	0,00	0,17	0,02	0,03	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	1,31	1,20	1,56	2,00
H2O	12,65	12,63	12,50	12,58	12,49	12,59	12,55	12,62	12,57	12,58	12,58	13,10	13,12	12,69	12,62	12,63	12,68	12,64	12,79	12,35	12,95	12,81	12,81
Total	99,34	99,35	98,15	98,67	98,03	99,08	98,30	97,82	98,21	98,19	98,70	102,33	102,55	99,44	99,15	99,94	99,29	99,08	100,04	99,83	100,29	99,59	100,00
Si	6,300	6,270	6,340	6,250	6,340	6,280	5,970	6,440	6,100	6,220	6,230	1,539	1,494	6,218	6,236	5,967	6,669	6,075	6,095	6,331	7,907	7,662	7,566
Ti	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,007	0,000	0,001	0,006	0,050	0,103	0,095	0,126
Cr	0,370	0,400	0,500	0,350	0,370	0,410	0,380	0,040	0,350	0,440	0,530	0,105	0,090	0,367	0,430	0,519	0,561	0,529	0,407	0,676	0,490	0,295	0,297
Al	3,050	3,010	3,000	3,200	3,020	2,990	3,710	3,320	3,630	3,450	3,290	0,876	0,966	3,327	3,204	3,643	2,253	3,335	3,370	2,974	2,941	2,776	2,750
Fe	0,370	0,370	0,300	0,320	0,360	0,400	0,170	0,010	0,020	0,150	0,200	0,037	0,053	0,240	0,273	0,475	0,133	0,129	0,129	0,921	0,220	0,247	0,262
Mn	0,010	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,070	0,150	0,170	0,000	0,000	0,001	0,000	0,010	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,003	0,000	0,005	0,000
Mg	9,880	9,960	9,730	9,820	9,850	9,910	9,700	9,850	9,630	9,520	9,550	2,403	2,367	9,716	9,712	9,271	10,276	9,892	9,964	8,577	5,900	6,980	7,120
Ca	0,000	0,000	0,000	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,011	0,009	0,005	0,003	0,001	0,002	0,030	0,158	0,176	0,166
Ni	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,030	0,060	0,009	0,003	0,046	0,076	0,048	0,023	0,025	0,031	0,039	0,021	0,008	0,016
Na	0,000	0,000	0,010	0,030	0,000	0,010	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,001	0,004	0,012	0,019	0,008	0,005	0,015	0,043	0,787	0,550	0,483
K	0,000	0,000	0,000	0,010	0,010	0,000	0,000	0,040	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,324	0,284	0,372	0,478
Total	19,990	20,030	19,900	20,000	19,960	20,020	19,990	19,880	19,920	19,830	19,860	4,971	4,977	19,938	19,953	19,954	19,928	19,997	20,019	19,970	18,811	19,168	19,265
OH	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	4,00	4,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
FM	3,68	3,68	3,11	3,19	3,52	3,84	1,77	1,55	1,89	1,54	2,05	1,57	2,21	2,50	2,74	4,88	1,30	1,29	1,28	9,73	3,59	3,49	3,55

TABLEAU I-38 Phlogopites des harzburgites, des anorthosites (*) et en inclusion (°) dans les chromites cumulatives.

N°d'anal.	102A41	102A42	102A43	217/61*	217/62*	217/64*	217/65*	217/29*	217/30*	217/31*	217/32*	a90/32°	a90/33°	a90/35°
SiO2	36,29	36,87	37,45	40,26	40,76	40,40	39,89	38,37	37,61	35,68	38,27	42,99	43,28	38,26
TiO2	1,58	1,40	1,26	2,87	2,99	3,07	3,22	2,87	2,89	5,53	3,34	0,86	0,90	1,03
Cr2O3	0,23	0,13	0,13	0,14	0,17	0,09	0,01	0,08	0,18	0,19	0,27	2,27	1,95	2,42
Al2O3	14,12	15,88	13,65	14,82	14,81	14,81	15,14	14,50	14,61	13,96	15,37	14,87	14,92	12,84
FeO	13,61	14,93	13,90	8,74	8,59	8,18	8,78	10,51	10,59	11,91	11,47	1,43	1,39	7,51
MnO	0,22	0,11	0,13	0,14	0,07	0,05	0,02	0,04	0,16	1,23	0,07	0,00	0,00	0,21
MgO	23,03	20,44	23,41	21,29	20,61	21,34	21,05	19,84	19,79	18,79	17,79	27,74	26,39	25,22
CaO	0,00	0,00	0,02	0,10	0,09	0,20	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,23
NiO	0,04	0,03	0,13	0,12	0,00	0,00	0,07	nd	nd	nd	nd	0,15	0,01	0,32
Na2O	0,24	0,24	0,36	0,37	0,36	0,30	0,31	0,56	0,48	0,58	0,64	5,15	4,92	0,19
K2O	5,84	7,51	6,94	8,40	8,96	8,46	8,88	8,58	8,83	7,69	8,99	0,87	0,80	5,47
H2O	4,09	4,15	4,16	4,26	4,27	4,26	4,26	4,12	4,09	4,06	4,13	4,48	4,43	4,14
Total	99,29	101,71	101,54	101,50	101,69	101,15	101,77	99,46	99,23	99,64	100,34	100,82	99,01	97,82
Si	5,320	5,330	5,399	5,668	5,729	5,687	5,615	5,583	5,509	5,266	5,554	5,750	5,863	5,540
Ti	0,174	0,152	0,137	0,304	0,316	0,325	0,341	0,314	0,318	0,614	0,364	0,086	0,091	0,112
Cr	0,027	0,015	0,015	0,016	0,018	0,010	0,001	0,009	0,021	0,022	0,031	0,240	0,209	0,277
Al	2,439	2,706	2,319	2,459	2,454	2,457	2,512	2,487	2,522	2,428	2,630	2,345	2,382	2,191
Fe	1,669	1,806	1,676	1,030	1,010	0,963	1,033	1,279	1,297	1,470	1,393	0,160	0,157	0,909
Mn	0,028	0,014	0,016	0,016	0,009	0,006	0,002	0,005	0,020	0,154	0,008	0,000	0,000	0,026
Mg	5,031	4,404	5,031	4,467	4,316	4,477	4,416	4,303	4,321	4,134	3,849	5,530	5,328	5,443
Ca	0,000	0,000	0,003	0,015	0,014	0,030	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,035
Ni	0,005	0,004	0,015	0,013	0,000	0,000	0,008	nd	nd	nd	nd	0,016	0,002	0,038
Na	0,067	0,068	0,100	0,101	0,099	0,083	0,085	0,157	0,135	0,166	0,179	1,336	1,293	0,053
K	1,093	1,386	1,276	1,508	1,607	1,520	1,594	1,592	1,651	1,448	1,666	0,148	0,138	1,010
Total	15,853	15,884	15,985	15,596	15,572	15,557	15,627	15,729	15,794	15,702	15,674	15,613	15,466	15,634
OH	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
FM	25,22	29,23	25,17	18,97	19,10	17,79	18,99	22,97	23,36	28,20	26,69	2,82	2,87	14,66

TABLEAU I-39

Ilménites, rutiles, grenats et zéolites dans le massif de Tropoja.

Ilménites et rutiles des anorthosites filoniennes.													Grenats d'un metabasalte.				Zéolites d'un microgabbro.
N° d'anal	217/44	217/51	217/55	217/56	217/42	217/52	217/53	217/61	217/62	N° d'anal				101A20	101A21	101A22	N° d'anal 116A200 116A201
SiO ₂	0,06	0,03	0,03	0,03	0,06	0,07	0,00	0,05	0,06	SiO ₂	38,15	39,24	38,30	SiO ₂	41,54	42,95	
TiO ₂	60,64	59,14	59,07	59,54	99,38	96,57	96,57	99,62	99,84	TiO ₂	0,07	0,24	0,04	TiO ₂	0,00	0,00	
Cr ₂ O ₃	0,18	0,35	0,15	0,04	1,53	1,58	1,59	1,24	1,22	Cr ₂ O ₃	0,01	0,07	0,00	Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	
Al ₂ O ₃	0,03	0,01	0,00	0,02	0,00	0,03	0,01	0,00	0,01	Al ₂ O ₃	23,26	26,49	24,60	Al ₂ O ₃	30,68	30,97	
Fe ₂ O ₃	0,93	0,00	0,00	0,00	nd	nd	nd	nd	nd	FeO	13,94	11,12	13,33	FeO	0,25	0,15	
FeO	22,24	21,48	21,32	21,07	0,19	0,31	0,02	0,00	0,00	MnO	0,07	0,03	0,01	MnO	0,05	0,00	
MnO	0,34	0,33	0,38	0,32	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	CaO	22,90	23,37	23,12	MgO	0,00	0,00	
MgO	17,99	17,37	17,61	17,86	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	Na ₂ O	0,03	0,00	0,00	CaO	11,31	10,58	
CaO	0,12	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	K ₂ O	0,01	0,00	0,03	NiO	0,00	0,05	
NiO	0,48	0,44	0,38	0,67	0,15	0,11	0,00	nd	nd	Total	98,44	100,57	99,44	Na ₂ O	2,57	2,23	
Na ₂ O	0,00	0,01	0,02	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00					K ₂ O	0,02	0,00	
K ₂ O	0,00	0,03	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	Si	5,950	5,881	5,888				
Total	103,00	99,23	98,98	99,59	101,33	98,66	98,24	100,98	101,13	Ti	0,008	0,027	0,005	Total	86,41	86,93	
Si	0,003	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	Cr	0,002	0,009	0,000				
Ti	1,971	1,991	1,992	1,993	0,985	0,984	0,987	0,989	0,990	Al	4,277	4,679	4,458	Si	0,273	0,278	
Cr	0,006	0,013	0,005	0,001	0,016	0,017	0,017	0,013	0,013	Fe ₂ +	1,819	1,393	1,714	Ti	0,000	0,000	
Al	0,002	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	Mn	0,009	0,003	0,002	Cr	0,000	0,000	
Fe ₃	0,030	0,000	0,000	0,000	nd	nd	nd	nd	nd	Ca	3,827	3,753	3,808	Al	0,238	0,237	
Fe ₂	0,804	0,804	0,799	0,785	0,002	0,004	0,000	0,000	0,000	Na	0,008	0,000	0,000	Fe	0,001	0,001	
Mn	0,012	0,013	0,014	0,012	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	K	0,002	0,000	0,005	Mn	0,000	0,000	
Mg	1,159	1,159	1,177	1,185	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	Total	15,905	15,746	15,880	Mg	0,000	0,000	
Ca	0,006	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	FM	99,87	99,92	100,00	Ca	0,080	0,074	
Ni	0,017	0,016	0,014	0,024	0,002	0,001	0,000	nd	nd	Al	32,18	27,14	31,04	Ni	0,000	0,000	
Na	0,000	0,001	0,002	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Py	0,04	0,02	0,00	Na	0,033	0,028	
K	0,000	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Sp	0,16	0,06	0,03	K	0,000	0,000	
Total	4,008	4,002	4,006	4,005	1,006	1,007	1,005	1,004	1,003	Gr	67,45	72,05	68,85	Total	0,625	0,617	
FM	42,21	41,34	40,88	40,20	95,58	98,11	87,79	0,00	0,00	Ad	0,13	0,48	0,08				
										Uv	0,05	0,25	0,00	FM	100,00	100,00	

TABLEAU I-40

Analyses chimiques des roches totales

Echantil.	192	194	203	209	206	195	193	191	173	175	176	182	188	197	207	210	212	99A	100A	34M	217
SiO ₂	55,360	48,170	70,260	46,780	59,350	36,940	41,340	39,120	44,890	46,230	30,660	48,410	48,450	65,800	68,530	46,780	74,950	29,100	40,550	46,820	54,350
Al ₂ O ₃	18,820	6,160	11,800	14,650	12,100	1,350	2,130	1,350	14,260	14,510	15,380	14,700	20,580	11,860	11,320	13,710	11,330	13,740	1,700	20,390	18,010
TiO ₂	0,820	0,083	0,490	1,850	0,690	0,019	0,040	0,004	1,220	1,930	2,750	0,790	0,090	0,500	0,490	1,550	0,150	1,430	0,200	0,210	0,170
Fe ₂ O ₃	5,520	9,000	7,840	10,620	10,620	7,950	10,570	8,210	8,950	15,230	15,540	10,160	5,610	9,140	8,720	11,920	2,280	38,330	9,990	10,100	0,530
FeO*	0,230	0,680	0,350	0,820	0,810	0,250	0,350	0,230	0,895	1,523	1,554	1,016	0,561	0,914	0,872	1,192	0,228	3,833	0,999	1,010	0,053
MgO	5,770	9,750	8,220	11,530	11,560	8,220	10,960	8,460	9,845	16,753	17,094	11,176	6,171	10,054	9,592	13,112	2,508	42,163	10,989	11,110	0,583
MnO	0,520	0,160	0,130	0,200	0,200	0,120	0,170	0,100	0,180	0,210	0,260	0,180	0,110	0,140	0,140	0,230	0,030	0,180	0,240	0,170	0,010
CaO	7,000	13,120	2,490	9,410	4,690	0,230	6,310	0,100	13,220	7,660	20,200	10,360	14,370	3,720	5,700	10,270	0,170	6,820	0,730	14,620	6,670
Na ₂ O	4,570	0,310	3,900	3,150	3,400	0,110	0,210	0,110	2,770	3,210	0,080	2,510	1,220	3,570	2,040	3,170	1,820	0,180	0,020	0,900	3,000
K ₂ O	0,190	0,100	0,066	0,180	0,100	0,040	0,046	0,026	0,840	0,040	0,090	0,060	0,100	0,030	0,130	0,240	7,200	0,020	0,200	0,010	0,220
PF	4,270	2,210	1,960	2,960	4,470	14,760	7,800	12,470													
H ₂ O-	1,400	0,340	0,360	0,130	0,150	1,040	0,290	0,360	0,230	0,020	0,300	0,200	0,030	0,240	0,210	0,120	0,000	0,490	0,120	0,000	0,840
H ₂ O+									5,960	3,910	6,050	4,340	2,340	2,440	0,240	4,260	0,600	1,700	11,070	0,250	5,490
Total	100,240	100,020	100,486	96,940	100,090	99,910	99,786	99,826	101,145	101,563	100,714	101,856	101,461	100,864	99,542	101,992	99,228	102,213	100,359	101,580	99,793
Cr	52	2484	27	364	42	3865	1276	4644	476	255	265	519	248	81	36	130	83	400	500	109	142
Ni	24	390	16	101	20	1915	590	1580	244	135	150	135	72	12	6	57	3	409	2160	47	84
Cu	20	188	76	248	133	43	158	55	124	418	208	207	60	299	80	114	60	253	86	81	11
Co	23	58	22	56	40	78	73	86	36	45	56	42	24	20	21	43	6	78	67	34	10
P	70	20	50	140	60	10	10	10	230	200	768	70	50	70	0	150	30	0,04	0,02	0,05	0,92
V	252	156	33	4150	172	81	82	23	252	424	331	244	102	90	44	3,46	2	5560	58	223	7
Ba	42	23	39	52	26	21	21	19	118	45	50	43	32	34	36	45	332	92	58	33	157
Sc	27	46	32	47	44	8	27	6	32	47	35	39	30	31	31	40	3	74	8	38	6
Zr	47	50	50	137	63	47	65	27	70	87	273	54	28	47	40	100	208	68	51	39	25
Y	21	4	32	47	21	2	2	<4	21	47	83	22	4	27	28	38	119	4	3	5	9
Sr	10	20	47	164	61	1	3	1	53	268	28	20	100	89	130	110	50	10	4	83	46
Zn	18	49	124	105	116	46	53	50													
SiO ₂	58,539	49,420	71,573	49,845	62,166	43,919	45,084	44,968	47,275	47,351	32,450	49,786	48,894	67,017	69,158	47,924	75,993	29,093	45,475	46,205	58,151
TiO ₂	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,285	1,977	2,900	0,812	0,091	0,509	0,494	1,588	0,152	1,430	0,224	0,207	0,182
Al ₂ O ₃	19,901	6,320	12,020	15,610	12,674	1,605	2,323	1,552	15,018	14,862	16,500	15,105	20,769	12,079	11,424	14,045	11,488	13,737	1,906	20,122	19,270
FeO*	6,101	10,003	8,374	12,286	12,109	9,773	11,953	9,725	10,368	17,159	17,900	11,484	6,228	10,240	9,680	13,433	2,543	42,153	12,324	10,964	0,624
MgO	2,474	20,211	1,324	8,471	4,263	44,109	33,295	43,370	8,141	7,262	8,100	9,341	8,073	2,556	1,161	8,759	0,477	6,389	38,735	7,007	11,181
MnO	0,550	0,164	0,132	0,213	0,209	0,143	0,185	0,115	0,190	0,215	0,400	0,185	0,111	0,143	0,141	0,236	0,030	0,180	0,289	0,168	0,011
CaO	7,402	13,461	2,537	10,027	4,913	0,273	6,881	0,115	13,922	7,846	21,500	10,646	14,502	3,789	5,752	10,521	0,172	6,818	0,819	14,428	7,137
Na ₂ O	4,832	0,318	3,973	3,356	3,561	0,131	0,229	0,126	2,917	3,288	0,100	2,579	1,231	3,636	2,059	3,248	1,845	0,180	0,022	0,888	3,210
K ₂ O	0,201	0,103	0,067	0,192	0,105	0,048	0,050	0,030	0,885	0,041	0,150	0,062	0,101	0,031	0,131	0,246	7,300	0,020	0,224	0,010	0,235
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
FeO*/MgO	2,47	0,49	6,32	1,45	2,84	0,22	0,36	0,22	1,27	2,36	2,21	1,23	0,77	4,01	8,34	1,53	5,34	6,6	0,32	1,56	0,06
I.M.	71,14	33,11	86,34	59,19	73,96	18,14	26,42	23,38	56,02	70,26	68,85	55,14	43,55	80,02	89,29	60,53	83,66	86,84	24,14	61,01	5,28
I.S.	18,18	65,97	9,63	34,85	21,28	81,57	73,13	81,44	36,49	27,21	30,85	39,63	51,71	15,51	8,92	34,1	3,92	13,11	75,5	37,13	73,32

TABLEAU II-1 GENERALITES SUR LES PLACES DES MINERAUX DU GROUPE DU PLATINE OBSERVES.

N° d'éch	Localisation	C/M	Site	Les phases étudiées.	Environ.	Taille μm	Surface μm^2
M78	Bregu 1 Bibès	C	1	Pt3Fe	Chromite	12x7	84
M78	Bregu 1 Bibès	C	2	Pt3Fe	Chromite	14x14	196
M78	Bregu 1 Bibès	C	3	Pt2Fe	Chromite	3x2	6
M78	Bregu 1 Bibès	C	4	Pt3Fe	Chromite	8x5	40
M78	Bregu 1 Bibès	C	5	Pt3Fe-PtFe-RhFe-RuS2-PdCu3	Silicate	60x35	2100
M78	Bregu 1 Bibès	C	6	Pt3Fe	Chromite		
M78	Bregu 1 Bibès	C	7	RuS2 zonée	Chromite	30x18	540
M78	Bregu 1 Bibès	C	8	Pt2Fe	Chromite	4x2,5	10
M78	Bregu 1 Bibès	C	9	RuS2 zonée	Sil-Chromite	9x8	72
M78	Bregu 1 Bibès	C	10-a	PtFe	Chromite	2x1	2
M78	Bregu 1 Bibès	C	10-b	PtFe	Chromite	6x2	12
M78	Bregu 1 Bibès	C	10-c	Pt3Fe-PtFe-RuS2	Sil-Chromite	16x13	208
M78	Bregu 1 Bibès	C	11	Pt3Fe	Chromite		
M78	Bregu 1 Bibès	C	12	RuS2 zonée	Silicate	20x13	260
M78	Bregu 1 Bibès	C	13	Pt3Fe	Chromite	7x7	49
M78	Bregu 1 Bibès	C	14	PtCu3-(Fe,Ni)9S8-Cu(Pt,Rh)2S4	Chromite	40x22,5	900
M78	Bregu 1 Bibès	C	15	RuS2 zonée	Chromite	7x5	35
M78p	Bregu 1 Bibès	C	1	RuS2 zonée	Chromite	9x6	54
2	Bregu 1 Bibès	C	1	Pt3Fe	Chromite	4x2,5	10
2	Bregu 1 Bibès	C	2	Pt3Fe	Chromite	10x2	20
2	Bregu 1 Bibès	C	3	Pt3Fe-RuS2-(Ir,Cu)2S3	Chromite	12x10	120
2	Bregu 1 Bibès	C	4	Pt3Fe	Chromite	8x6	48
2	Bregu 1 Bibès	C	5	Pt3Fe	Chromite	1,5x1,5	2,25
2p	Bregu 1 Bibès	C	1-a	PtFe-Bowellite (MEB)	Chromite	2x1,5	3
2p	Bregu 1 Bibès	C	1-b	Pt, Fe (MEB)	Chromite		
35A	Bregu 1 Bibès	C	1	RuS2	Chromite	2,5x1	2,5
35A	Bregu 1 Bibès	C	5	Pt3Fe-Os	Chromite	10x4	40
35A	Bregu 1 Bibès	C	6	OsS2	Silicate	6x5	30
B1	Bregu 1 Bibès	C	1	PtAs2-Fe	Chromite	10x8	80
B1	Bregu 1 Bibès	C	3	Pt (MEB)	Chromite	1,5x1,5	2,25
B1	Bregu 1 Bibès	C	4	Pt3Fe	Chromite	12x12	144
B2	Bregu 1 Bibès	C	1	Pt2Fe	Chromite	3,5x2	7
B2	Bregu 1 Bibès	C	2	Pt3Fe-RuS2	Chromite	3x3	9
B5	Bregu 1 Bibès	C	1-a	Pt2Fe	Chromite	4x4	16
B5	Bregu 1 Bibès	C	1-b	Pt3Fe-PtFe	Sil-Chromite	22x18	314
B5	Bregu 1 Bibès	C	2	Pt3Fe-RuS2	Chromite	2,5x2,5	6,25
B5	Bregu 1 Bibès	C	3	Pt3Fe	Chromite	8x7	56
B5	Bregu 1 Bibès	C	4	Pt2Fe-PtS(Bragglite)	Chromite	3x2	6
B5	Bregu 1 Bibès	C	5	Pt3Fe-Pt2Fe	Chromite	3x2	6
B5	Bregu 1 Bibès	C	6	Pt3Fe	Chromite	10x2	20
B5	Bregu 1 Bibès	C	7-a	Pt2Fe3	Silicate	14x3,5	49
B5	Bregu 1 Bibès	C	7-b	PtFe	Silicate	1x1	1
B6	Bregu 1 Bibès	C	1	RuS2	Chromite	2x2	4
B6	Bregu 1 Bibès	C	2	RuS2	Chromite	4x2,5	10
31A	Kepenek-1	M	2	RuS2	Chromite	8x4	32
24A	Zogaj-10	M	1	Os	Chromite	2x2	4
169	Pac	M	2	Pt;	Chromite	1x1	1
169	Pac	M	3	NiS riche en Ir	Chromite	6,5x4	26
258	Sh. Rragam	M	1	Os	Chromite	1x1	1
19	Zogaj	M	1	RuS2	Chromite	2,5x2	5
19	Zogaj	M	2	RuS2	Chromite	4x4	16
19	Zogaj	M	3	RuS2	Chromite	4x3	12
19	Zogaj	M	4	RuS2	Chromite	1x1	1
31	Zogaj	M	1	RuS2	Chromite	3x3	9

TABL. II-1 (SUITE) GENERALITES SUR LES PLACES DES MINERAUX DU GROUPE DU PLATINE OBSERVES.

N° d'éch	Localisation	C/M	Site	Les phases étudiées.	Environ.	Taille µm	Surface µm ²
31	Zogaj	M	2	RuS ₂	Chromite	4x4	16
29	Zogaj	M	1	RuS ₂	Chromite	6x2,5	15
29	Zogaj	M	2	RuS ₂	Chromite	4x3	12
32A	Skatline	M	6	Os	Chromite	2x2	4
32A	Skatline	M	7	Os	Chromite	2,5x2,5	6,25
43A	Zogaj-1	M	1	RuS ₂	Chromite	2x2	4
43A	Zogaj-1	M	2	RuS ₂	Chromite	3x1	3
43A	Zogaj-1	M	4	RuS ₂	Chromite	5,5x3	16,5
43A	Zogaj-1	M	6	RuS ₂	Chromite	1x1	1
29A	Lajthize-2	M	5	RuS ₂	Chromite	5,5x6	33
27A	Lajthize-10	M	8	RuS ₂	Chromite	8x8	64
27A	Lajthize-10	M	9	RuS ₂	Chromite	8x8	64
27A	Lajthize-10	M	10	RuS ₂	Silicate	8x4	32
30A	Rragam-2	M	9	RuS ₂	Chromite	3x3	9
37A	Kepenek-10	M	4	RuS ₂	Chromite	3x1	1
33A	M.Sukes	C	2	PtAs ₂ -RuAs ₂ -RhAsS-NiRh ₂ AsS ₄	Chromite	16,5x14+5,5x4,5	300
34A	Lajthize-11	M	4	RuS ₂	Chromite	10x9	90
39A	Kepenek-9	M	1	RuS ₂ -(Ir,Cu) ₂ S ₃	Chromite	12x9	108
20A	Zogaj-5	M	2	RuS ₂	Chromite		
20A	Zogaj-5	M	5	RuS ₂	Chromite		
20A	Zogaj-5	M	6	RuS ₂	Chromite		
20A	Zogaj-5	M	8	RuS ₂	Chromite		
46A	Shp.Vishise	M	8	RuNi	Silicate	8x3	24
B7	Bregu i Bibës	C	1	RuS ₂	Chromite	5x4	20
B7	Bregu i Bibës	C	2	Pt ₃ Fe	Chromite	6x6	36
B7	Bregu i Bibës	C	3	Pt ₃ Fe-(RhPt)S	Chromite	3x3	9
B7	Bregu i Bibës	C	4	Pt ₃ Fe	Chromite		
B7	Bregu i Bibës	C	5	RuS ₂ zonée	Chromite	5x4	20
B7	Bregu i Bibës	C	7	Pt ₃ Fe	Chromite		
B7	Bregu i Bibës	C	8	Pt ₃ Fe	Chromite	5x4	20
B8	Bregu i Bibës	C	1	Pt ₃ Fe	Chromite		
B8	Bregu i Bibës	C	3	Pt ₂ Fe	Chromite		
B8	Bregu i Bibës	C	4	Pt ₃ Fe-RuS ₂	Chromite	6x5	30
B-10	Bregu i Bibës	C	2	Pt ₃ Fe-RuS ₂	Chromite	2x1,5	3
B-10	Bregu i Bibës	C	3	Pt ₃ Fe	Chromite	12x12	144
B-10	Bregu i Bibës	C	4	Pt ₂ Fe	Chromite	6x6	36
B-10	Bregu i Bibës	C	5	Pt ₃ Fe	Chromite	4x4	16
B-10	Bregu i Bibës	C	6	Pt ₂ Fe-Braggite	Chromite	2x1,5	3
14	Bregu i Bibës	C	6	RuS ₂	Silicate	5x3,5	16,5
58A	Bregu i Bibës	C	1	Pt ₃ Fe	Chromite	13x12	156
58A	Bregu i Bibës	C	3	PtCu ₃ -Pt ₂ FeCu	Chromite	8x7	56
58A	Bregu i Bibës	C	4	Pt ₃ Fe-RhAsS (MEB)	Chromite	2x1,5	3
58A	Bregu i Bibës	C	5a	Pt ₃ Fe	Chromite	5x5	25
58A	Bregu i Bibës	C	5b	(Rh,Ru) ₂ (S,As) ₃	Sil-Chromite	3x3	9
58A	Bregu i Bibës	C	6	Pt ₃ Fe-(Pt,Ru)S (MEB)	Chromite	4x4	16
58A	Bregu i Bibës	C	9	Pt ₃ Fe-Rh(Ru,Ir,Cu,Os) ₂ As	Chromite	14x10	140
58A	Bregu i Bibës	C	10	Pt ₃ Fe	Chromite		
58A	Bregu i Bibës	C	11	PtFe-RhFe-Pt ₂ FeCu-PdCu ₂ -	Sil-Chromite	22x9	198
58A	Bregu i Bibës	C	11	-(Rh,Ni,Co...) ₃ (As,S) RhTe	Sil-Chromite		
58A	Bregu i Bibës	C	12a	Pt ₃ Fe-RhAsS-Pt ₂ FeCu	Sil-Chromite	28x17	476
58A	Bregu i Bibës	C	12b	Pt ₃ Fe-RhAsS-Pt ₂ FeCu	Sil-Chromite	30x20	600
58A	Bregu i Bibës	C	13	PtCu ₃ -Pt ₂ FeCu	Sil-Chromite	12x4+8x0,3	50,4
58A	Bregu i Bibës	C	14	Pt ₂ Fe-Pt ₂ FeCu-PdCu-RhFe-	Sil-Chromite	27x14	378
58A	Bregu i Bibës	C	14	-(Co,...)S-PtCu ₃ (MEB)	Sil-Chromite		

TABL. II-1 (SUITE) GENERALITES SUR LES PLACES DES MINERAUX DU GROUPE DU PLATINE OBSERVES.

N° d'éch	Localisation	C/M	Site	Les phases étudiées.	Environ.	Taille μm	Surface μm^2
59A	Bregu i Bibēs	C	2	Pt3Fe	Chromite		
59A	Bregu i Bibēs	C	3	Pt3Fe-Os	Chromite	10x6,5	65
59A	Bregu i Bibēs	C	5	Pt3Fe	Chromite		
59A	Bregu i Bibēs	C	6	Pt3Fe	Chromite		
59A	Bregu i Bibēs	C	7a	PtFe?? (MEB)	Chromite	2,5x2,5	6,25
59A	Bregu i Bibēs	C	7b	Pt3Fe	Chromite	2,5x2,5	6,25
59A	Bregu i Bibēs	C	7c	Pt3Fe	Chromite	2x2	4
59A	Bregu i Bibēs	C	8	Pt3Fe-RuS2	Chromite	7x4	28
59A	Bregu i Bibēs	C	9	Pt3Fe	Chromite		
60A	Bregu i Bibēs	C	1	Cu riche en Pt	Chromite		
60A	Bregu i Bibēs	C	2	Pt	Chromite	3x3	9
60A	Bregu i Bibēs	C	3	PtFe-Braggite ??(MEB)	Chromite	3x2	6
60A	Bregu i Bibēs	C	5	Pt3Fe-RuS2-Os	Chromite	22x22	484
60A	Bregu i Bibēs	C	6	Pt3Fe	Chromite	8x8	64
60A	Bregu i Bibēs	C	7	Pt3Fe	Chromite		
60A	Bregu i Bibēs	C	9	Pt3Fe	Chromite		
60A	Bregu i Bibēs	C	10	Pt3Fe	Chromite		
60A	Bregu i Bibēs	C	11	Pt3Fe	Chromite	4x2	8
60A	Bregu i Bibēs	C	13	Pt3Fe	Chromite	6x6	24
60A	Bregu i Bibēs	C	14	Pt3Fe	Chromite		
60A	Bregu i Bibēs	C	16	PtCu3? (MEB)-Pt2FeCu	Sil-Chromite	11x7	77
79A	Kallmisht	C	2	RuS2	Chromite		
84A	Lajthizē Pēr.	M	1	RuS-Ru3S2	Chromite	11x11	121
89A	Bregu i Bibēs	C	1	PtCu?-RuS2	Chromite	4x4	16
89A	Bregu i Bibēs	C	2	Pt3Fe-RuS2	Chromite	10x8	80
89A	Bregu i Bibēs	C	3	Pt3Fe-RuS2	Chromite	4x3	12
89A	Bregu i Bibēs	C	4	Pt3Fe	Chromite		
89A	Bregu i Bibēs	C	6	RuS2	Chromite	5x4	20
90A	Bregu i Bibēs	C	1	Pt3Fe	Chromite	5x3	19
90A	Bregu i Bibēs	C	2	Pt3Fe-PtFe	Chromite	10x6	60
90A	Bregu i Bibēs	C	3	Pt	Chromite		
90A	Bregu i Bibēs	C	4	Pt3Fe-(Ni,Fe,Rh)S? (MEB)	Sil-Chromite	7x5	35
90A	Bregu i Bibēs	C	5	Pt3Fe	Chromite		
90A	Bregu i Bibēs	C	6	Pt2Fe-PtFe	Sil-Chromite		
90A	Bregu i Bibēs	C	7	Pt3Fe	Chromite	3x3	9
90A	Bregu i Bibēs	C	8	Pt3Fe	Chromite	10x10	100
90A	Bregu i Bibēs	C	9	RhFe-Pd2Cu	Chromite	30x30	900
90A	Bregu i Bibēs	C	10	PtS (Cooperite)	Chromite	3x3	9
92A	Bregu i Bibēs	C	3	Pt3Fe	Chromite	8x8	64
92A	Bregu i Bibēs	C	4	Pt3Fe-Os-(Rh,Pt,Pd...)	Chromite	9x9	81
92A	Bregu i Bibēs	C	5a	Pt2Fe-PtFe	Sil-Chromite	20x14,5	290
92A	Bregu i Bibēs	C	5b	Pt2FeCu	Sil-Chromite	21x16	336
92A	Bregu i Bibēs	C	5c	PtFe	Sil-Chromite	10x8	80
92A	Bregu i Bibēs	C	6	Pt2Fe	Sil-Chromite	6x3	18
92A	Bregu i Bibēs	C	7	PtFe	Sil-Chromite	8x7	56
96A	Bregu i Bibēs	C	2	PtNi2Fe	Sil-Chromite	10x8	80
96A	Bregu i Bibēs	C	3	Pt2Fe-Pt-Pt2FeCu-PtFe-RuS2	Sil-Chromite	37x30	1110
96A	Bregu i Bibēs	C	4	Pt3Fe	Chromite	4,5x4,5	20,25
128A	Vlad	C	1	(MEB) PtFe-(Rh,Cu,Ir...)S	Chromite		
128A	Vlad	C	4	OsS2 (MEB)	Chromite		
94A	Bregu i Bibēs	C	1	PtFe	Chromite	4x4	16
94A	Bregu i Bibēs	C	2	Pt3Fe	Chromite	1x1	1
95A	Bregu i Bibēs	C	2	Pt3Fe	Chromite	4x4	16
129A	Vlad	C	1	RuS2	Chromite	9x6	54
69A	Bregu i Bibēs	C	1	Pt3Fe	Chromite	9x7,5	67,5
69A	Bregu i Bibēs	C	3	Pt3Fe	Chromite	4x4	16

TABL. II-1 (SUITE) GENERALITES SUR LES PLACES DES MINERAUX DU GROUPE DU PLATINE OBSERVES.							
N° d'éch	Localisation	C/M	Site	Les phases étudiées.	Environ.	Taille µm	Surface µm ²
69A	Bregu i Bibës	C	4	Pt ₃ Fe-Pt ₂ Fe	Chromite	5,5x5	27,5
69A	Bregu i Bibës	C	5	Pt ₃ Fe-Pt ₂ Fe	Chromite	13x8	104
69A	Bregu i Bibës	C	6	Pt ₂ FeCu	Chromite	22x18	306
69A	Bregu i Bibës	C	7a	RhAsS	Sil-Chromite	25x11	275
69A	Bregu i Bibës	C	7b	Pd ₃ Te-PdCu ₂ -Pd ₂ Cu	Sil-Chromite	19x4,5	87,5
69A	Bregu i Bibës	C	8	Pt ₂ FeCu-RhAsS	Sil-Chromite	35,5x25	887,5
69A	Bregu i Bibës	C	9	Pt ₃ FeRuS ₂	Chromite	6x3,5	21
69A	Bregu i Bibës	C	10a	Pt ₃ Fe	Chromite	20x7	140
69A	Bregu i Bibës	C	10b	Pt ₃ Fe	Chromite	5x3	15
69A	Bregu i Bibës	C	10c	Pt	Chromite	2x2	4
157A	Shpati i Dajçit	C	1	CuFeS ₂ -Cu ₅ FeS ₄ -PtS? (MEB)	Chromite	20,5x20,5	420,25
157A	Shpati i Dajçit	C	2	Bowellite??	Chromite	2x2	4
157A	Shpati i Dajçit	C	3	(Pt,Pd)Cu ₃ -Pt ₂ Cu-PtCu ₂	Sil-Chromite	10x10	100
157A	Shpati i Dajçit	C	5	Ni ₃ S ₂ -Cu	Chromite	38x15	570
157A	Shpati i Dajçit	C	6	Cu-PtCu ₂	Chromite	10x6	60
157A	Shpati i Dajçit	C	7	Pt ₂ Fe-PtFe	Sil-Chromite	10x10	100
157A	Shpati i Dajçit	C	8	RuS ₂ -Ru ₃ S ₂	Chromite	8,5x8	68
157A	Shpati i Dajçit	C	9	Pt-PtFe-PtCu ₂	Chromite	7x6,5	45,5
157A	Shpati i Dajçit	C	10	Pt ₃ Fe	Chromite	5,5x4,5	24,75
157A	Shpati i Dajçit	C	11	(Pt,Ru;Ir) ₂ S ₃ -(Pt..)S-CuFeS ₂ -	Chromite	8x8	64
157A	Shpati i Dajçit	C	11	-Cu ₅ FeS ₄	Chromite		
157A	Shpati i Dajçit	C	12	RuS ₂	Chromite	8,5x5,5	46,75
157A	Shpati i Dajçit	C	13	Pt ₂ Fe	Chromite	4x3	12
157A	Shpati i Dajçit	C	14	Pt ₃ Fe	Chromite	11x9	99
157A	Shpati i Dajçit	C	15	PtPdCu-Pt ₂ FeCu	Sil-Chromite	15x9	135
157AL	Shpati i Dajçit	C	1	RuS ₂	Chromite	4x4	16
158A	Shpati i Dajçit	C	2	PtPdCu-Pt ₂ FeCu-RhFe?(MEB)	Sil-Chromite	28x15	420
158A	Shpati i Dajçit	C	3	Pt ₃ Fe	Chromite	2x2	4
158A	Shpati i Dajçit	C	4	Pt ₂ Fe-Pt ₂ FeCu	Sil-Chromite	9x5,5	49,5
158A	Shpati i Dajçit	C	6	Pt ₃ Fe	Chromite	7x3	21
158A	Shpati i Dajçit	C	7	RuS ₂	Chromite	5x5	25
158AL	Shpati i Dajçit	C	1	RuS ₂ ou OsS ₂ (MEB)	Chromite	4,5x4	18
158Ap	Shpati i Dajçit	C	1	Pt ₂ FeCu	Chromite	8x8	64
158Ap	Shpati i Dajçit	C	2	Pt ₃ Fe	Chromite	13x7	91
156A	Shpati i Dajçit	C	1	RuS ₂	Chromite	3x2	6
156A	Shpati i Dajçit	C	2	RuS ₂	Chromite	5x2	10
155A	Shpati i Dajçit	C	1	NiS riche en Rh	Sil-Chromite	8x8	64
155A	Shpati i Dajçit	C	3	RuS ₂	Chromite	2x2	4
111A	Helshan	C	5	PdCu	Silicate	10x1	10
74N	Stoberdë	C	2	Pt ₃ Fe	Chromite	5x4	20
74N	Stoberdë	C	3	Pt ₃ Fe	Chromite	1x1	1
153Ap	Leniq	M	1	S,Rh,Ir,Os,Fe;Cu ?? (MEB)	Chromite	3x2	6
153A	Leniq	M	1	Ir,Pt,S,Pd,Rh,Cu,Fe ?? (MEB)	Chromite	2x1,5	3
153A	Leniq	M	2	Pt ₂ S ₃	Chromite	2,5x2,5	6,25
153A	Leniq	M	3	Ir,Os,S,Ru ?? (MEB)	Chromite	2,5x2,5	6,25
26N	Zogaj	M	1	Ir	Chromite	14,5x8	116
26N	Zogaj	M	2	RuS ₂	Chromite	4,5x4,5	20,25
26N	Zogaj	M	3a	RuS ₂	Chromite	15x1,5	22,5
26N	Zogaj	M	3b	RuS ₂	Chromite	2x1,5	3
26N	Zogaj	M	5	RuS ₂	Chromite		
134A	Kepenek-7	M	5	Pt-NiS	Chromite	10x6,5	65
C/90	Vrith	C	8	Ir	Chromite	10x8,5	85
103A	Sk-Gëzhime	C	4	RuS ₂ -RuS	Chromite	11,5x10	115
142A	Çabrat-1	M	2	PtFe? (MEB)-NiS	Chromite	6x4	24

Isoferroplatine des chromitites cumulatives.

Isoferroplatine des chromitites cumulatives.

Analyses recalculées

Formule structurale

[illegible]

Isoferroplatine des chromites cumulatives.

Echantil.	58A9	96A3b	58A12b	96A3b	158A3	M78/1	M78/1	69A4	35A5	157A10	B1/4	89A3	74N3	2p1/3	2/3	89A3	B1/4	60A14	90A5	90A5	60A14	89A4
N°d'anal.	4	37	46	38	10	3	4	74	77	45	23	48	104	63	63	49	22	7	67	66	6	47
S	0,06	0,05	0,15	0,05	0,12	0,02	0,03	0,18	0,11	0,05	0,00	0,08	0,16	0,03	0,03	0,08	0,00	0,04	0,10	0,08	0,06	0,05
As	0,27	0,00	0,13	0,21	0,00	0,31	0,11	0,05	0,23	0,05	0,12	0,22	0,00	0,00	0,00	0,23	0,00	0,10	0,16	0,00	0,02	0,03
Sb	nd	nd	nd	nd	0,06	0,00	0,00	0,16	0,02	0,00	0,16	nd	0,00	0,00	0,00	nd	0,00	nd	nd	nd	nd	nd
Bi	nd	0,10	nd	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,10	nd	nd	nd	0,00	nd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Te	0,00	nd	0,00	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Os	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,14	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,16	0,00
Ir	0,46	0,64	0,82	0,70	0,30	0,73	0,79	0,55	2,16	0,33	0,38	0,36	0,25	3,71	3,72	0,31	0,46	0,43	0,46	0,22	0,47	0,31
Ru	0,14	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,00	0,40	0,09	0,00	0,14	0,00	0,15	0,44	0,59	0,25	0,04	0,60	0,26
Rh	0,84	0,80	0,85	0,86	0,82	1,03	1,07	1,27	1,44	1,87	2,05	2,02	1,31	2,20	2,20	2,19	2,29	2,17	2,23	2,21	2,25	2,01
Pt	88,65	85,74	88,18	85,13	76,84	86,18	85,50	87,21	82,87	84,07	86,08	82,36	55,99	83,21	83,21	82,21	86,94	86,22	83,97	84,49	85,67	79,52
Pd	0,44	0,50	1,45	0,51	0,75	0,95	0,83	0,99	0,24	1,50	1,15	0,80	0,81	1,05	1,05	1,13	0,85	0,33	1,16	0,76	0,81	0,85
Fe	9,59	9,13	7,53	8,78	9,50	10,06	10,13	9,06	9,22	9,00	8,97	9,77	12,45	9,48	9,48	9,90	8,47	8,40	9,49	9,40	8,91	9,01
Cu	0,94	0,28	0,88	0,29	0,62	0,53	0,57	0,61	0,58	0,44	0,60	2,29	0,46	0,49	0,49	2,22	0,71	0,67	1,02	0,94	0,68	1,43
Ni	0,16	0,08	0,15	0,16	0,16	0,16	0,10	0,13	0,74	0,09	0,12	0,14	0,19	0,18	0,18	0,13	0,22	0,04	0,15	0,15	0,04	0,17
Co	0,01	0,02	0,07	0,02	0,00	0,05	0,02	0,02	0,08	0,04	0,02	0,02	0,04	0,00	0,00	0,02	0,09	0,03	0,02	0,03	0,00	0,00
Cr	0,95	1,64	0,25	1,63	7,63	1,15	1,24	2,37	2,50	2,08	0,59	3,99	16,41	1,53	1,52	4,04	0,59	2,43	2,97	3,05	2,73	9,68
Total	102,53	98,98	100,49	98,38	96,80	101,38	100,54	102,59	100,36	99,52	100,68	102,32	88,08	102,01	102,00	102,61	101,19	101,45	101,98	101,37	102,40	103,32

Analyses recalculées

[illegible]

Formule structurale

[illegible]

Isoferroplatine des chromites cumulatives.

Analyses recalculées

Analyses recalculées

Formule structurale

Formule structurale

[illegible]

Isoferroplatine des chromittes cumulatives.

Echantil.	B10/3	58A5a	90A1	M78/4	60A11	90A1	60A17	90A8	B7/7	B5/5	B10/3	59A7b	M78/13	60A11	58A6	59A3	B8/4	59A3	60A17	2p1/4	B7/2	89A2	B5/3	2p1
N°d'anal.	86	20	57	11	12	58	15	84	55	27	87	41	81	13	23	35	56	32	14	69	43	53	36	68
S	0,08	0,00	0,07	0,02	0,08	0,04	0,12	0,13	0,16	0,05	0,11	0,08	0,05	0,02	0,05	0,00	0,00	0,10	0,02	0,03	0,11	0,08	0,03	0,00
As	0,00	0,14	0,10	0,20	0,03	0,34	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,13	0,16	0,00	0,00	0,09	0,00	0,04	0,13	0,31
Sb	0,01	nd	nd	0,04	nd	nd	nd	nd	0,04	0,08	0,00	nd	0,00	nd	nd	nd	0,00	0,03	nd	0,00	0,08	nd	0,02	0,00
Bi	nd	nd	0,00	0,06	0,06	0,00	0,00	0,00	nd	nd	nd	nd	nd	0,00	nd	nd	nd	nd	0,03	nd	nd	0,00	nd	nd
Te	nd	0,09	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,00	nd	nd	0,04	0,00	0,43	0,00	0,16	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00
Os	0,82	0,00	0,00	0,47	0,22	0,63	0,36	0,48	0,39	0,42	0,88	0,66	0,24	0,30	1,20	0,33	1,12	0,17	0,63	0,10	0,42	0,41	0,34	0,00
Ir	0,93	0,60	0,21	0,42	0,22	0,62	0,36	0,48	0,39	0,42	0,88	0,66	0,24	0,30	1,20	0,33	1,12	0,17	0,63	0,10	0,42	0,41	0,34	0,00
Ru	0,83	0,39	0,15	0,30	0,62	0,24	0,09	0,19	0,39	0,00	0,67	0,53	0,45	0,54	0,00	0,66	0,56	0,73	0,30	0,06	0,18	0,03	0,39	0,54
Rh	2,59	2,71	2,67	2,80	2,70	2,69	2,73	2,72	2,49	2,71	2,82	2,62	2,89	2,82	2,83	2,82	2,92	2,86	2,72	3,01	2,94	2,86	2,99	2,97
Pt	77,14	83,05	82,48	83,13	84,70	81,75	83,86	83,79	72,66	76,64	80,56	82,15	85,99	84,68	82,88	83,01	82,24	84,81	83,66	84,91	82,80	83,77	85,23	83,88
Pd	1,21	0,67	1,02	0,86	0,90	1,22	0,61	0,80	0,90	0,39	0,53	0,00	0,45	0,61	0,67	0,99	0,73	1,33	0,69	1,08	1,09	0,72	0,50	
Fe	10,11	9,37	10,28	10,22	8,85	10,18	9,35	8,65	12,16	11,61	10,04	8,38	8,55	8,66	9,37	8,33	10,33	0,79	8,82	9,53	10,92	9,27	8,68	9,17
Cu	0,91	1,07	0,94	0,97	1,07	0,92	0,55	0,58	0,38	1,21	0,82	0,93	0,48	1,06	1,35	0,93	0,52	0,79	0,52	0,38	0,54	0,38	0,70	0,38
Ni	0,24	0,11	0,20	0,13	0,08	0,16	0,07	0,12	0,11	0,33	0,14	0,15	0,12	0,14	0,09	0,11	0,15	0,06	0,09	0,13	0,06	0,04	0,14	0,10
Co	0,02	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,05	0,01	0,00	0,05	0,08	0,00	0,04	0,07	0,00	0,00	0,01	0,00	0,05	0,00	0,00
Cr	4,28	2,28	4,62	2,05	2,84	4,50	2,34	1,84	7,73	5,28	2,31	4,02	1,57	2,79	3,16	1,57	2,49	1,18	4,49	2,54	2,45	2,49	1,15	2,70
Total	99,17	100,47	102,80	101,61	102,15	102,67	100,20	99,30	97,61	99,30	99,85	99,52	100,91	101,70	101,63	98,93	101,70	99,93	102,13	101,87	100,65	100,51	100,51	100,90
Analyses recalculées																								
Os	0,89	0,00	0,00	0,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,58	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	0,00	0,17	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00
Ir	1,01	0,62	0,22	0,43	0,23	0,66	0,37	0,50	0,46	0,46	0,92	0,71	0,24	0,31	1,24	0,34	1,15	0,17	0,66	0,10	0,43	0,00	0,34	0,35
Ru	0,90	0,40	0,16	0,31	0,64	0,25	0,09	0,20	0,46	0,00	0,70	0,57	0,45	0,55	0,00	0,68	0,57	0,75	0,32	0,06	0,19	0,03	0,39	0,55
Rh	2,80	2,80	2,79	2,85	2,77	2,82	2,83	2,82	2,91	2,98	2,93	2,81	2,91	2,90	2,93	2,93	2,99	2,92	2,86	3,03	3,04	2,96	3,01	3,03
Pt	83,39	85,85	86,34	84,65	86,77	85,72	87,01	86,97	84,96	84,16	83,79	89,09	86,71	86,96	85,73	86,13	84,18	86,56	87,90	85,59	85,63	86,75	85,93	85,70
Pd	1,31	0,69	1,07	0,88	0,92	1,28	0,63	0,83	1,05	0,43	0,55	0,00	0,45	0,63	0,69	1,03	0,75	1,36	0,72	1,09	0,04	1,13	0,73	0,51
Fe	8,44	8,41	8,17	9,29	7,51	8,14	8,40	7,95	9,37	9,64	9,11	6,67	8,62	7,35	7,92	7,77	9,20	7,31	6,73	9,61	9,93	8,21	8,75	9,37
Cu	0,98	1,11	0,98	0,99	1,10	0,96	0,57	0,60	0,44	1,33	0,85	1,00	0,48	1,09	1,40	0,96	0,53	0,81	0,55	0,38	0,56	0,39	0,71	0,90
Ni	0,26	0,11	0,21	0,13	0,08	0,17	0,07	0,10	0,13	0,36	0,15	0,16	0,12	0,14	0,09	0,11	0,15	0,06	0,09	0,13	0,06	0,04	0,14	0,10
Co	0,02	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,05	0,01	0,00	0,00	0,08	0,00	0,04	0,04	0,07	0,00	0,01	0,00	0,05	0,00	0,00
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Formule structurale																								
Os	0,028	0,000	0,000	0,015	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,018	0,032	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,014	0,000	0,006	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000
Ir	0,032	0,020	0,007	0,013	0,007	0,021	0,012	0,016	0,014	0,014	0,029	0,024	0,008	0,010	0,040	0,011	0,036	0,006	0,022	0,003	0,014	0,014	0,011	0,011
Ru	0,054	0,025	0,010	0,018	0,039	0,015	0,006	0,012	0,027	0,000	0,042	0,036	0,028	0,034	0,000	0,042	0,034	0,046	0,020	0,004	0,011	0,002	0,024	0,033
Rh	0,166	0,167	0,167	0,167	0,168	0,169	0,171	0,172	0,172	0,173	0,173	0,174	0,175	0,176	0,176	0,176	0,177	0,178	0,178	0,179	0,179	0,179	0,180	0,180
Pt	2,602	2,704	2,729	2,623	2,776	2,710	2,774	2,788	2,645	2,574	2,606	2,885	2,748	2,768	2,720	2,737	2,623	2,778	2,891	2,659	2,655	2,773	2,700	2,677
Pd	0,075	0,040	0,062	0,050	0,054	0,074	0,037	0,049	0,060	0,024	0,031	0,000	0,026	0,037	0,040	0,060	0,043	0,080	0,044	0,062	0,002	0,066	0,042	0,029
Fe	0,920	0,926	0,901	1,005	0,839	0,899	0,935	0,891	1,019	1,030	0,990	0,763	0,955	0,824	0,878	0,863	1,002	0,819	0,774	1,042	1,075	0,917	0,961	1,022
Cu	0,094	0,107	0,095	0,094	0,108	0,094	0,056	0,059	0,042	0,125	0,081	0,100	0,047	0,107	0,136	0,094	0,051	0,079	0,055	0,037	0,053	0,039	0,068	0,037
Ni	0,027	0,012	0,022	0,014	0,009	0,018	0,008	0,013	0,013	0,037	0,015	0,018	0,013	0,015	0,010	0,012	0,016	0,007	0,010	0,014	0,006	0,004	0,015	0,011
Co	0,002	0,000	0,007	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,006	0,001	0,000	0,000	0,009	0,000	0,004	0,004	0,008	0,000	0,001	0,000	0,005	0,000	0,000
Total	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Isoferroplatine des chromitites cumulatives

Analyses recalculées

Formule structurale

[illegible]

Isoferroplatine des chromitites cumulatives

Analyses recalculées

Formule structurale

[illegible]

FePt2 des chromites cumulatives.

Formule structurale

Tetraferroplatine des chromitites cumulatives

TABLEAU II-4

Echantl.	92A5a	157A7	92A7	92A5c	92A5c	92A5c	92A5a	90A6	92A5a	92A7	M78/10	M78/5	B5/1b	B5/7a	157A7	58A11	60A3
N°d'anal.	95	28	104	98	99	66	51	65	94	102	65	19	30	41	29	17	21
S	0,30	0,07	0,16	0,01	0,10	0,11	0,09	0,08	0,41	0,10	0,03	0,16	0,05	0,13	0,12	0,24	1,38
As	0,28	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bi	0,00	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,09	0,00	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Os	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	3,21	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00
Ir	0,64	0,00	0,35	0,26	0,18	0,23	0,42	0,30	0,32	0,36	0,12	0,15	0,00	0,00	0,20	0,57	1,33
Ru	0,00	0,00	0,01	0,06	0,00	0,26	0,03	0,08	0,08	0,00	0,00	0,17	0,05	0,05	0,00	0,00	0,02
Rh	0,09	0,16	0,16	0,24	0,27	0,27	0,32	0,33	0,37	0,36	0,38	0,35	0,44	0,67	0,56	5,14	15,41
Pt	74,89	62,89	70,44	74,72	74,31	75,91	71,46	63,31	74,38	74,51	73,11	55,18	76,08	47,19	62,64	44,08	45,62
Pd	1,96	9,79	1,73	1,26	1,39	0,39	3,85	0,86	1,70	0,97	0,60	5,58	0,54	0,84	11,35	7,29	0,04
Fe	14,01	12,93	14,01	13,45	13,35	14,23	13,55	13,09	14,43	14,26	17,98	7,68	19,94	10,87	12,69	13,99	20,53
Cu	5,54	7,16	4,36	6,93	6,78	6,06	6,17	1,64	5,65	4,49	3,19	3,44	1,40	5,76	7,26	7,83	1,79
Ni	2,25	1,00	3,59	1,94	1,92	1,36	1,95	8,59	2,26	3,56	1,87	5,44	0,85	0,66	0,94	0,07	1,84
Co	0,09	0,02	0,07	0,05	0,03	0,00	0,04	0,16	0,09	0,05	0,00	0,09	0,13	0,10	0,02	0,00	0,23
Cr	0,72	0,72	2,77	0,71	0,78	1,55	2,44	1,24	0,77	2,60	1,57	0,02	0,93	0,64	0,67	1,35	10,63
Total	100,77	94,76	97,65	99,63	99,11	100,38	100,31	89,77	100,46	101,29	98,86	81,78	100,59	66,91	96,44	80,56	98,82

Analyses recalculées

Os	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	3,93	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00
Ir	0,65	0,00	0,38	0,26	0,18	0,24	0,44	0,84	0,32	0,37	0,13	0,55	0,00	0,00	0,21	0,73	1,64
Ru	0,00	0,00	0,01	0,06	0,00	0,26	0,03	0,09	0,08	0,00	0,00	0,21	0,05	0,08	0,00	0,00	0,02
Rh	0,09	0,17	0,17	0,24	0,28	0,27	0,33	0,38	0,37	0,37	0,40	0,43	0,44	1,01	0,59	6,57	19,00
Pt	75,58	66,99	75,55	75,84	75,97	77,55	74,21	72,19	75,23	76,66	75,94	67,64	76,38	71,35	65,77	56,32	56,25
Pd	1,98	10,42	1,86	1,28	1,42	0,40	4,00	0,98	1,72	1,00	0,62	6,84	0,54	1,27	11,92	9,31	0,05
Fe	13,75	13,72	13,43	13,26	13,22	13,69	12,57	14,17	14,18	13,23	17,66	9,40	20,02	16,43	12,91	16,98	18,28
Cu	5,59	7,63	4,68	7,03	6,93	6,19	6,40	1,87	5,71	4,62	3,31	4,22	1,41	8,71	7,62	10,00	2,21
Ni	2,27	1,06	3,85	1,97	1,96	1,39	2,02	9,80	2,29	3,66	1,94	6,67	0,85	1,00	0,98	0,09	2,27
Co	0,09	0,00	0,08	0,05	0,03	0,00	0,00	0,18	0,09	0,05	0,00	0,11	0,13	0,15	0,00	0,00	0,28
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Formule structurale

Os	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,052	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000
Ir	0,009	0,000	0,005	0,003	0,002	0,003	0,006	0,004	0,004	0,005	0,002	0,007	0,000	0,000	0,003	0,008	0,019
Ru	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001	0,002	0,002	0,000	0,000	0,005	0,001	0,002	0,000	0,000	0,001
Rh	0,002	0,004	0,004	0,006	0,007	0,007	0,008	0,009	0,009	0,009	0,010	0,011	0,011	0,023	0,014	0,141	0,416
Pt	0,988	0,831	0,981	0,987	0,991	1,027	0,970	0,882	0,974	1,006	0,972	0,878	0,979	0,872	0,818	0,637	0,650
Pd	0,047	0,237	0,044	0,031	0,034	0,010	0,096	0,022	0,041	0,024	0,015	0,163	0,013	0,028	0,272	0,193	0,001
Fe	0,627	0,594	0,609	0,603	0,602	0,633	0,574	0,605	0,641	0,607	0,789	0,426	0,997	0,701	0,561	0,671	0,737
Cu	0,224	0,290	0,186	0,281	0,277	0,252	0,257	0,070	0,227	0,186	0,130	0,168	0,055	0,327	0,291	0,347	0,078
Ni	0,099	0,044	0,166	0,085	0,085	0,061	0,088	0,398	0,098	0,160	0,083	0,288	0,036	0,041	0,041	0,003	0,087
Co	0,004	0,000	0,003	0,002	0,001	0,000	0,000	0,007	0,004	0,002	0,000	0,005	0,006	0,006	0,000	0,000	0,011
Total	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

TABLEAU II-5

RhFe des chromitites cumulatives

Echantl.	58A14	58A14	90A9	90A9	90A9	90A9	90A9	90A9	90A9	90A9	90A9	90A9	90A9	90A9	90A9	90A9	90A9
N°d'anal.	2	3	7	8	11	16	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
S	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
As	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Te	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Os	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Ir	1,46	1,51	0,97	0,91	0,85	5,38	5,26	5,09	5,43	5,09	5,43	5,26	5,09	5,43	5,09	5,43	5,26
Ru	37,39	36,25	38,76	39,98	39,34	16,52	16,92	16,52	16,92	16,52	16,92	16,52	16,92	16,52	16,92	16,52	16,92
Rh	21,83	23,50	24,51	23,90	24,58	28,54	28,01	28,54	28,01	28,54	28,01	28,54	28,01	28,54	28,01	28,54	28,01
Pt	7,91	8,13	4,90	4,56	3,47	2,46	2,79	2,46	2,79	2,46	2,79	2,46	2,79	2,46	2,79	2,46	2,79
Pd	19,90	20,98	21,23	22,13	22,02	13,31	14,49	13,31	14,49	13,31	14,49	13,31	14,49	13,31	14,49	13,31	14,49
Fe	10,56	10,44	3,50	3,15	3,17	15,84	13,75	15,84	13,75	15,84	13,75	15,84	13,75	15,84	13,75	15,84	13,75
Cu	0,24	0,19	0,32	0,36	0,38	1,56	1,34	1,56	1,34	1,56	1,34	1,56	1,34	1,56	1,34	1,56	1,34
Ni	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Co	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Cr	1,22	1,12	1,27	1,30	1,21	0,00	0,00	1,21	0,00	1,21	0,00	1,21	0,00	1,21	0,00	1,21	0,00
Total	101,13	102,11	95,46	96,27	95,01	88,87	88,21	95,01	88,87	95,01	88,87	95,01	88,87	95,01	88,87	95,01	88,21

Analyses recalculées

Os	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Ir	1,47	1,50	1,03	0,95	0,91	6,06	5,97	6,06	5,97	6,06	5,97	6,06	5,97	6,06	5,97	6,06	5,97
Ru	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Rh	37,66	36,10	41,45	42,39	42,22	18,62	19,21	18,62	19,21	18,62	19,21	18,62	19,21	18,62	19,21	18,62	19,21
Pt	21,99	23,40	26,21	25,34	26,38	32,17	31,80	32,17	31,80	32,17	31,80	32,17	31,80	32,17	31,80	32,17	31,80
Pd	7,97	8,10	5,24	4,82	3,72	2,77	3,17	2,77	3,17	2,77	3,17	2,77	3,17	2,77	3,17	2,77	3,17
Fe	20,04	20,32	21,97	22,80	22,97	17,85	15,61	17,85	15,61	17,85	15,61	17,85	15,61	17,85	15,61	17,85	15,61
Cu	10,63	10,39	3,75	3,34	3,40	15,00	16,45	15,00	16,45	15,00	16,45	15,00	16,45	15,00	16,45	15,00	16,45
Ni	0,24	0,19	0,35	0,37	0,40	1,76	1,52	1,76	1,52	1,76	1,52	1,76	1,52	1,76	1,52	1,76	1,52
Co	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Formule structurale

Os	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	--

Différents alliages de Pt, Pd, Fe, Cu et Ni dans les chromitites cumulatives.

	PtCu3					PtCu2			Pt2Cu	PtNi2Fe	PtPdCu	PdCu3	PdCu2	PdCu	Pd2Cu									
	58A13	58A14	157A3	M78/14	58A3	157A3	157A9	157A6	58A14	157A3	96A2	96A2	M78/5	58A11	69A7b	69A7b	58A14	Echantil	69A7b	90A9				
Echantil, M78/14	58A13	58A14	157A3	M78/14	58A3	157A3	157A9	157A6	58A14	157A3	96A2	96A2	M78/5	58A11	69A7b	69A7b	58A14	Echantil	69A7b	90A9				
N°d'anal,	83	66	63	41	87	30	42	50	27	62	43	39	40	22	6	20	16	80	18	102	57	N°d'anal	19	80
S	0.20	0.38	0.04	0.14	0.21	1.44	0.05	0.12	0.12	0.02	0.05	0.01	0.05	0.03	0.53	0.05	0.01	0.22	0.00	0.06	2.02	S	0.03	5.56
As	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.21	0.88	0.00	0.00	0.00	0.58	0.22	0.90	0.00	0.00	0.00	1.05	0.94	0.00	0	As	0.00	0.00
Te	nd	0.02	0.05	nd	nd	0.04	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.00	0.27	nd	1.73	0.00	0.87	Sb	nd	nd
Os	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	nd	0.00	0.00	0.38	nd	19.45	0.05	0.00	0.00	0.00	0.25	Ir	0.61	nd
Ir	0.00	0.00	0.06	0.46	0.00	0.22	0.23	0.29	0.00	0.00	0.24	0.44	0.49	0.14	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.12	1.61	Ru	0.00	0.00
Ru	0.07	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.26	0.00	0.00	0.04	0.85	0.34	0.00	nd	nd	nd	nd	nd	Rh	0.00	0.00
Rh	0.14	0.04	0.13	0.18	0.10	0.14	1.24	1.25	0.76	0.24	0.62	1.10	0.83	47.11	39.45	0.00	14.37	0.00	0.00	0.00	0	Pt	0.00	0.08
Pt	50.00	35.10	35.54	28.65	42.81	28.52	56.13	49.30	44.04	50.79	43.18	51.54	52.37	26.69	21.79	18.66	13.71	3.08	2.83	0.00	14.24	Pd	50.65	59.41
Pd	1.85	0.91	4.97	13.60	2.72	1.74	4.35	7.08	9.20	4.84	8.40	1.10	1.01	8.39	3.33	16.90	18.05	36.22	43.71	6.52	19.88	Fe	2.48	1.60
Fe	2.75	4.83	2.89	2.33	1.54	5.81	7.58	6.67	6.14	29.19	4.37	14.13	14.79	9.54	8.54	1.53	10.62	0.57	0.58	41.16	19.57	Cu	12.25	14.58
Cu	41.32	33.75	48.00	50.92	50.59	45.34	22.41	27.71	34.99	9.36	11.28	1.15	1.25	0.45	0.24	54.44	35.70	52.25	53.67	1.23	9.3	Ni	0.57	0.07
Ni	0.38	0.46	0.62	0.31	0.09	2.17	2.67	2.46	0.51	0.25	0.31	27.33	27.72	0.00	0.24	0.44	0.03	0.07	0.10	21.84	28.48	Pb	0.31	nd
Nb	0.03	0.03	0.02	0.00	0.06	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	nd	0.10	0.16	0.00	nd	0.00	0.09	0.01	0.00	0.13	0.24	Au	13.61	nd
Co	0.48	3.53	0.47	2.48	0.95	9.45	1.99	2.74	2.73	0.72	7.47	1.34	1.33	0.00	nd	0.05	1.13	0.93	1.27	0.14	0.15	Cr	2.17	1.91
Cr							96.85	98.54	98.51	95.67	75.91	98.82	100.26	103.96	75.31	109.33	94.27	94.40	104.89	71.25	98.85	Total	91.49	78.22
Total	97.29	79.03	92.79	99.28	99.04	85.01																		

Analyses recalculées.

[illegible]

Formule structurale

[illegible]

TABLEAU II-8

Pt et Cu des chromitites cumulatives. D'autres allages

Pt des chromitites cumulatives				Cu des chromitites cumulatives										(Pt,Rh..)	(Rh,Ru)2(Fe..)	Pt2Fe3	FeNi3
Echantl.	90A3	60A2	69A10c	96A3a	157A6	157A6	157A5	60A1	157A5	157A5	60A1	92A4	Echantl.	158A4	153A2	B5/7a	139A10
N°d'anal.	68	20	88	35	25	26	37	19	39	35	18	91	N°d'anal.	16	27	40	35
S	0,09	0,07	0,64	1,66	0,27	0,28	3,94	0,00	1,13	1,43	0,04	0,02	S	0,45	0,05	0,09	2,24
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,11	0,00	0,24	0,12	0,10	0,01	0,22	Te	0,95	0,07	nd	0,00
Os	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	8,17	Os	2,65	0,00	0,43	0,00
Ir	0,46	1,02	0,07	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,10	Ir	0,07	0,15	0,00	0,00
Rh	0,17	0,00	0,08	0,02	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,77	Ru	27,30	0,06	0,02	0,00
Ru	2,29	1,92	1,46	0,31	0,00	0,09	0,43	0,07	0,21	0,20	0,20	14,59	Rh	30,87	0,00	1,26	0,06
Pt	57,34	70,44	20,48	70,65	37,87	37,57	16,86	29,05	0,04	0,38	30,34	35,09	Pt	2,01	42,73	39,87	0,08
Pd	0,38	0,80	0,49	0,43	2,17	1,83	0,23	0,51	0,00	0,07	0,26	4,24	Pd	1,39	0,86	0,81	0,11
Fe	11,30	10,80	13,01	1,30	1,64	1,67	2,39	0,90	1,57	1,01	0,80	2,36	Fe	10,02	23,25	11,76	20,84
Cu	0,31	0,77	0,27	1,61	55,60	55,69	69,70	65,10	94,89	94,33	65,03	0,27	Cu	2,65	0,35	4,23	2,98
Ni	0,11	0,18	0,14	0,38	0,09	0,14	6,43	0,15	1,52	1,53	0,15	0,03	Ni	3,94	0,13	1,23	67,57
Co	0,07	0,08	0,04	0,29	0,01	0,00	0,06	0,03	0,04	0,02	0,02	0,00	Co	0,22	0,00	0,00	0,07
Cr	26,85	16,01	29,35	0,20	2,58	2,58	1,31	1,75	1,70	1,93	1,73	2,99	Cr	6,16	9,57	0,62	2,88
Total	99,51	102,09	66,03	77,26	100,23	99,98	101,36	97,80	101,21	101,00	98,75	100,85	Total	88,69	77,21	60,32	96,80

Analyses recalculées																	
Os	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	8,51	Os	3,40	0,00	0,72	0,00
Ir	0,75	1,32	0,30	0,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,94	Ir	0,08	0,23	0,00	0,00
Ru	0,28	0,00	0,34	0,03	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,30	Ru	35,09	0,09	0,03	0,00
Rh	3,74	2,48	6,37	0,41	0,00	0,10	0,45	0,07	0,22	0,21	0,21	15,20	Rh	39,66	0,00	2,11	0,06
Pt	93,59	90,99	89,07	93,83	39,47	39,32	17,68	30,61	0,04	0,40	31,55	36,55	Pt	2,57	68,17	66,88	0,08
Pd	0,62	1,03	2,12	0,57	2,26	1,91	0,24	0,54	0,00	0,07	0,27	4,42	Pd	1,78	1,38	1,36	0,12
Fe	0,00	2,84	0,00	1,58	0,21	0,21	1,78	0,00	0,72	0,00	0,00	0,78	Fe	8,70	29,36	19,73	21,41
Cu	0,51	0,99	1,19	2,14	57,96	58,28	73,10	68,59	97,47	97,74	67,61	0,28	Cu	3,40	0,56	7,10	3,30
Ni	0,18	0,23	0,61	0,50	0,09	0,14	6,74	0,16	1,56	1,59	0,16	0,03	Ni	5,03	0,21	2,06	74,96
Co	0,11	0,10	0,00	0,39	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,02	0,00	Co	0,29	0,00	0,00	0,07
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	Total	100	100	100	100

Formule structurale																	
Os	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,066	Os	0,066	0,000	0,022	0,000
Ir	0,007	0,012	0,003	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,160	Ir	0,002	0,007	0,000	0,000
Ru	0,005	0,000	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,193	Ru	1,291	0,005	0,002	0,000
Rh	0,067	0,042	0,108	0,007	0,000	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	0,003	0,217	Rh	1,424	0,000	0,117	0,001
Pt	0,884	0,805	0,798	0,843	0,177	0,176	0,065	0,126	0,000	0,001	0,131	0,275	Pt	0,049	1,936	1,947	0,001
Pd	0,011	0,017	0,035	0,009	0,019	0,016	0,002	0,004	0,000	0,000	0,002	0,061	Pd	0,062	0,072	0,073	0,003
Fe	0,000	0,088	0,000	0,050	0,003	0,003	0,023	0,000	0,008	0,000	0,000	0,021	Fe	0,577	2,912	2,006	0,894
Cu	0,015	0,027	0,033	0,059	0,799	0,802	0,825	0,867	0,974	0,990	0,860	0,007	Cu	0,198	0,049	0,634	0,121
Ni	0,006	0,007	0,018	0,015	0,001	0,002	0,082	0,002	0,017	0,017	0,003	0,001	Ni	0,318	0,020	0,200	2,977
Co	0,004	0,003	0,000	0,011	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Co	0,018	0,000	0,000	0,003
Total	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Total	4	5	5	4

TABLEAU II-9

Laurites des chromitites cumulatives

Echantil	98A3a	M78/5	L103A4	M78/5	L103A4	M78/10	M78/10	2/3	2/3	79A2	79A2	79A2	89A1	157A8	L157A1	B7/5	89A1	M78p1	B7/5	L157A1	59A8	M78/15	M78/9	M78/12	M78/15	L158A1	M78/15	58A5	M78/7
N°d'anal.	34	17	9	18	11	64	63	65	66	16	17	79A2	89A1	157A8	L157A1	B7/5	89A1	M78p1	B7/5	L157A1	59A8	M78/15	M78/9	M78/12	M78/15	L158A1	M78/15	58A5	M78/7
S	32,44	32,76	30,75	32,03	30,36	29,78	29,82	32,12	32,14	34,75	34,58	33,00	32,52	32,02	36,54	32,18	33,86	35,39	31,15	34,46	35,15	31,52	36,07	37,30	34,29	36,64	14,69	37,18	
As	4,26	0,32	nd	0,71	0,05	4,08	3,76	0,23	0,19	0,41	0,30	0,02	2,89	0,29	0,11	0,16	0,14	nd	0,19	0,49	0,11	0,00	0,21	0,17	0,09	0,10	0,00	0,62	
Bi	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,20	0,00	0,00	nd	nd	nd	nd	0,10	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
Sb	0,00	0,10	nd	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	nd	0,00	0,00	0,06	
Os	22,25	28,00	31,02	27,87	30,47	15,30	14,39	23,05	23,96	14,83	14,01	16,81	5,27	12,35	17,43	15,95	14,39	18,05	12,85	10,56	11,38	16,50	11,11	9,48	11,89	8,74	0,45	6,99	
Ir	3,86	1,49	6,15	1,11	5,91	7,46	8,51	7,95	7,57	6,36	6,08	3,08	3,64	4,17	2,11	2,90	1,91	1,93	3,81	3,02	0,74	1,89	3,47	0,82	2,09	0,81	1,32	1,40	
Ru	27,20	28,74	28,65	29,76	28,62	29,36	30,18	32,01	32,65	38,62	39,54	38,18	40,52	37,67	43,54	38,45	39,79	42,91	37,98	41,56	43,38	39,52	46,44	47,87	44,17	47,58	19,73	48,86	
Rh	10,31	3,66	0,85	3,73	0,64	5,35	5,50	1,86	2,46	1,17	1,12	1,95	8,93	1,74	1,62	1,83	1,61	1,73	1,89	1,58	2,59	1,67	1,19	2,45	2,03	2,49	3,53	3,29	
Pt	2,24	0,80	0,04	0,05	0,00	1,69	0,62	1,41	1,22	0,28	0,30	0,44	0,08	0,07	0,30	0,20	0,32	0,49	0,00	2,92	0,16	0,23	0,26	0,27	0,00	0,24	24,39	0,51	
Pd	0,00	0,00	0,04	0,05	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,05	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,01	0,00	0,00	0,19	0,00	0,50	0,00	
Fe	0,27	0,81	0,68	0,12	0,24	1,18	1,41	1,20	1,32	0,70	0,47	2,33	0,86	1,84	1,32	2,27	2,44	1,18	2,54	0,79	1,04	1,46	0,58	0,78	1,24	1,04	8,73	0,05	
Cu	0,04	0,15	0,10	0,26	0,07	0,18	0,05	0,17	0,12	0,03	0,12	0,11	0,83	0,07	0,00	0,09	0,05	0,07	0,02	0,05	0,00	0,10	0,00	0,00	0,04	0,00	0,30	0,00	
Ni	0,01	0,13	0,08	0,10	0,02	0,23	0,10	0,09	0,03	0,00	0,00	0,00	0,14	0,07	0,04	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,01	0,10	0,06	0,01	0,03	0,00	0,07	0,00	
Co	0,03	0,02	0,00	0,04	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,06	0,03	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	
Cr	0,05	0,00	1,45	0,00	1,35	1,67	2,18	1,55	1,65	2,72	3,36	5,38	1,55	4,39	1,00	6,41	5,25	1,40	6,77	3,48	1,93	2,03	0,53	1,27	3,28	1,43	21,21	0,87	
Total	102,96	96,97	99,78	96,55	97,73	96,29	96,64	101,62	103,34	100,11	99,90	101,29	96,36	95,08	104,02	100,56	99,78	103,23	97,28	98,95	96,57	95,03	99,98	100,40	99,34	99,10	94,91	99,82	

Analyses recalculées																													
S	31,53	33,78	31,48	33,18	31,58	31,80	31,98	32,35	31,89	35,94	36,00	35,27	33,89	36,04	35,65	35,03	36,78	35,02	35,41	36,41	37,55	34,30	36,37	37,91	36,17	37,82	22,61	37,59	
As	4,14	0,33	0,03	0,74	0,05	4,36	4,03	0,23	0,19	0,42	0,31	0,02	3,02	0,33	0,11	0,17	0,15	nd	nd	0,21	0,52	0,12	0,00	0,21	0,17	0,10	0,00	0,63	
Bi	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,21	0,00	0,00	nd	nd	nd	0,11	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
Sb	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,06	
Os	21,63	28,87	31,76	28,87	31,69	16,35	15,44	23,21	23,78	15,34	14,59	17,97	5,49	13,89	17,01	17,36	15,63	17,86	14,61	11,16	12,16	17,96	11,20	9,64	12,54	9,02	0,69	7,07	
Ir	3,75	1,54	6,30	1,15	6,14	7,97	9,13	8,01	7,51	6,58	6,33	3,27	3,80	4,69	2,06	3,16	2,07	1,91	4,33	3,19	0,79	2,06	3,50	0,83	2,20	0,84	2,03	1,42	
Ru	28,44	29,63	29,34	30,83	29,77	31,36	32,37	32,24	32,40	39,94	41,17	40,80	42,23	42,39	42,48	41,85	43,22	42,46	43,17	43,91	46,35	43,01	46,83	46,58	49,11	30,36	49,40		
Rh	10,02	3,77	0,87	3,86	0,67	5,71	5,90	1,82	2,44	1,21	1,17	2,08	9,31	1,96	1,58	1,99	1,75	1,71	2,15	1,67	2,77	1,82	1,20	2,49	2,14	2,57	5,43	3,33	
Pt	2,18	0,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,10	0,46	0,00	0,29	0,35	0,48	0,00	0,00	0,09	0,01	0,00	0,00	0,20	0,00	0,77	0,00	
Pd	0,00	0,00	0,04	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	0,30	0,00	0,00	0,28	0,00	0,00	
Fe	0,24	0,84	0,00	0,12	0,00	0,21	0,21	0,10	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,04	0,00	0,46	0,00	
Cu	0,04	0,15	0,11	0,27	0,07	0,19	0,05	0,17	0,12	0,03	0,12	0,12	0,86	0,08	0,00	0,10	0,05	0,07	0,02	0,05	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Ni	0,01	0,13	0,08	0,10	0,02	0,24	0,10	0,09	0,03	0,00	0,00	0,00	0,14	0,08	0,04	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,01	0,11	0,06	0,01	0,03	0,00	0,11	0,00	
Co	0,03	0,02	0,00	0,04	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,06	0,03	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Formule structurale																													
S	1,907	2,010	1,985	1,992	1,987	1,903	1,907	1,976	1,961	2,035	2,031	2,012	1,885	2,017	2,003	1,992	2,037	1,992	2,000	2,022	2,033	1,969	2,004	2,031	2,001	2,022	1,655	2,010	
As	0,107	0,008	0,001	0,019	0,001	0,112	0,103	0,006	0,005	0,010	0,008	0,001	0,072	0,008	0,003	0,004	0,004	0,004	0,000	0,005	0,012	0,003	0,000	0,005	0,004	0,002	0,000	0,014	
Bi	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,002	0,000	0,000	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
Sb	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,146	0,139	0,173	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	
Os	0,220	0,290	0,338	0,292	0,336	0,185	0,155	0,239	0,246	0,062	0,060	0,031	0,035	0,044	0,019	0,030	0,019	0,018	0,041	0,030	0,007	0,020	0,032	0,007	0,020	0,007	0,025	0,013	
Ir	0,038	0,015	0,068	0,012	0,064	0,090	0,091	0,082	0,077	0,718	0,737	0,739	0,745	0,753	0,757	0,758	0,759	0,766	0,773	0,774	0,796	0,783	0,819	0,827	0,817	0,833	0,705	0,838	
Ru	0,507	0,558	0,587	0,587	0,594	0,595	0,612	0,625	0,632	0,718	0,737	0,739	0,745	0,753	0,757	0,758	0,759	0,766	0,773	0,774	0,796	0,783	0,819	0,827	0,817	0,833	0,705	0,838	
Rh	0,189	0,070	0,017	0,072	0,013	0,107	0,110	0,036	0,047	0,021	0,020	0,037	0,181	0,034	0,028	0,035	0,030	0,030	0,038	0,029	0,047	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,445	0,004	
Pt	0,021	0,008	0,000	0,008	0,000	0,018	0,008	0,014	0,012	0,001	0,003	0,004	0,001	0,001	0,003	0,002	0,003	0,004	0,000	0,028	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,017	0,000	
Pd	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,018	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Fe	0,008	0,029	0,000	0,004	0,000	0,007	0,007	0,014	0,014	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,025	0,000	0,000	0,000	0,014</										

TABLEAU II-9 (SUITE)

Laurites des chromitites cumulatives

Erichmanites

Echantil	M78/15	M78/7	60A5	M78/7	158A7	158A7	B7/1	M78/12	129A1	157A12	89A6	M78/12	157A12	89A6	M78/12	B7/1	129A1	60A5	M78/9	M78p1	M78p1	M78/12	M78/7	M78/12	M78/7	73	74
N°anal.	91	72	30	73	20	19	40	74	94	53	45	75	54	44	78	41	95	29	7	26	27	79	70	77	69	73	74
S	35.21	37.15	38.32	37.66	35.32	35.51	37.20	37.89	36.16	35.76	32.81	37.74	35.92	33.42	38.42	36.55	36.30	38.60	38.48	39.58	39.65	36.51	37.33	37.75	22.31	22.57	
As	0.30	0.86	0.49	0.11	0.15	0.29	0.20	0.09	0.09	0.19	0.08	0.27	0.06	0.00	0.46	0.27	0.21	0.22	0.42	0.01	0.50	0.00	0.21	0.00	6.09	5.04	
Bi	0.03	0.00	nd	0.00	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.08	nd	nd	0.00	nd	nd	0.04	0.04	0.00	0.00	nd	0.00	nd	nd	nd	nd	
Sb	9.28	8.60	4.55	7.90	7.62	8.13	5.80	6.72	4.75	8.17	5.77	6.22	7.10	6.28	3.55	5.75	4.64	3.08	1.46	2.80	3.06	5.42	5.34	3.46	39.40	45.67	
Os	1.00	1.25	3.53	1.01	2.37	2.59	3.43	0.81	4.61	2.60	2.57	0.92	2.91	2.70	0.42	3.79	4.33	1.98	3.27	0.74	0.59	0.94	0.87	0.53	18.86	15.57	
Ir	47.04	48.98	49.77	49.27	46.68	47.30	48.93	50.87	48.45	48.47	44.22	51.38	48.73	45.36	52.44	49.89	49.71	52.84	52.87	53.93	54.19	51.28	52.41	53.56	3.98	4.81	
Ru	3.16	3.29	2.02	2.39	2.11	2.10	1.54	2.82	2.07	2.17	1.78	2.43	1.97	1.78	3.09	1.49	1.87	2.27	2.32	2.36	2.50	2.25	2.47	2.81	1.02	0.86	
Rh	0.14	0.60	0.84	0.00	0.69	1.04	0.00	0.52	0.11	0.04	0.04	0.29	0.18	0.13	0.00	0.18	0.00	0.69	0.24	0.19	0.28	0.19	0.40	0.01	0.00	0.00	
Pd	0.73	0.08	0.56	0.00	0.53	0.22	0.00	0.00	0.19	0.00	0.10	0.00	0.00	0.14	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	0.00	
Fe	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.17	0.13	0.07	0.00	0.56	3.04	0.55	0.73	3.18	0.61	0.85	0.77	0.37	0.63	0.04	0.67	0.43	0.00	0.26	0.03	0.42	0.56
Ni	0.04	0.06	0.01	0.05	0.03	0.08	0.04	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.04	0.02	0.06	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.11	0.22	
Co	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.25	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.05	0.00	0.00	0.04	0.06	0.00	0.02	0.00	0.00	0.04	0.00
Cr	2.38	1.03	1.00	0.87	2.36	2.37	1.64	0.44	2.25	1.34	7.58	0.44	1.47	7.42	0.05	1.65	2.32	0.88	0.90	1.44	1.52	0.54	0.72	0.85	0.82	0.00	0.79
Total	99.32	99.90	101.20	99.12	98.95	100.80	100.01	100.61	99.31	99.35	98.04	100.38	99.20	100.53	99.85	100.60	100.36	100.97	100.58	101.79	103.10	97.60	99.66	99.24	93.37	96.28	

S	36.60	37.61	38.45	38.26	36.91	36.46	38.15	37.92	37.47	36.62	37.53	37.85	37.03	37.16	38.85	37.25	37.32	38.71	38.79	39.43	39.29	37.75	37.73	38.39	24.22	23.75	
As	0.31	0.87	0.49	0.11	0.16	0.29	0.21	0.09	0.10	0.19	0.00	0.27	0.06	0.00	0.47	0.28	0.22	0.22	0.42	0.01	0.50	0.00	0.03	0.21	6.61	5.30	
Bi	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.09	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.04	nd	0.00	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
Sb	0.03	0.00	nd	0.00	0.00	0.01	0.00	0.04	0.00	0.00	nd	0.15	0.02	nd	0.09	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	
Os	9.65	8.68	4.57	8.03	7.98	8.35	5.95	6.73	4.92	8.36	6.60	6.24	7.32	6.98	3.59	5.86	4.77	3.09	1.47	2.79	3.03	5.60	5.40	3.52	42.77	48.06	
Ir	1.04	1.27	3.54	1.03	2.48	2.66	3.52	0.81	4.77	2.68	2.94	0.92	2.98	3.00	0.42	3.88	4.46	1.99	3.30	0.74	0.58	0.97	0.88	0.54	20.47	16.38	
Ru	48.90	49.58	49.94	50.06	48.78	48.57	50.18	50.91	50.20	49.64	50.58	51.53	50.23	50.43	53.02	50.85	51.10	52.99	53.29	53.76	53.70	53.02	52.98	54.47	4.32	5.06	
Rh	3.28	3.33	2.03	2.43	2.20	2.16	1.58	2.82	2.15	2.22	2.04	2.44	2.03	1.98	3.12	1.52	1.92	2.28	2.34	2.35	2.48	2.33	2.50	2.86	1.11	0.90	
Pt	0.15	0.81	0.84	0.00	0.72	1.07	0.00	0.52	0.11	0.04	0.05	0.29	0.19	0.14	0.00	0.18	0.00	0.89	0.24	0.19	0.28	0.20	0.40	0.01	0.00	0.00	
Pd	0.00	0.00	0.10	0.00	0.55	0.23	0.00	0.00	0.20	0.00	0.11	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.00	
Fe	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.15	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.11	
Cu	0.00	0.00	0.03	0.00	0.18	0.14	0.07	0.00	0.08	0.00	0.02	0.00	0.06	0.08	0.07	0.00	0.08	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.12	0.23
Ni	0.04	0.06	0.01	0.05	0.03	0.08	0.04	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.04	0.02	0.06	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.03	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00
Co	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.26	0.02	0.00	0.02	0.04	0.05	0.10	0.05	0.00	0.00	0.04	0.06	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

S	1.992	2.007	2.035	2.031	2.003	1.993	2.027	2.016	2.013	1.993	2.014	2.008	2.003	2.005	2.017	2.005	2.004	2.027	2.023	2.032	2.031	2.004	2.004	2.009	2.003	1.836	1.828
As	0.007	0.020	0.011	0.003	0.004	0.007	0.005	0.002	0.002	0.004	0.001	0.006	0.001	0.000	0.010	0.006	0.005	0.005	0.009	0.000	0.011	0.000	0.001	0.005	0.215	0.175	
Bi	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
Sb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	
Os	0.088	0.060	0.041	0.072	0.073	0.077	0.053	0.060	0.045	0.077	0.060	0.056	0.067	0.064	0.031	0.053	0.043	0.027	0.013	0.029	0.026	0.050	0.048	0.031	0.547	0.623	
Ir	0.009	0.011	0.031	0.009	0.022	0.024	0.031	0.007	0.043	0.024	0.026	0.008	0.027	0.027	0.004	0.035	0.040	0.017	0.029	0.006	0.005	0.009	0.008	0.005	0.259	0.210	
Ru	0.844	0.839	0.838	0.843	0.840	0.842	0.846	0.858	0.855	0.857	0.861	0.867	0.862	0.863	0.873	0.868	0.871	0.880	0.882	0.879	0.881	0.893	0.892	0.904	0.104	0.124	
Rh	0.056	0.055	0.033	0.040	0.037	0.037	0.026	0.047	0.036	0.038	0.034	0.040	0.034	0.033	0.051	0.025	0.032	0.037	0.038	0.038	0.040	0.038	0.041	0.047	0.028	0.022	
Pt	0.001	0.005	0.007	0.000	0.006	0.009	0.006	0.004	0.001	0.000	0.001	0.000	0.002	0.002	0.001	0.001	0.000	0.006	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.000	0.000	0.000	
Pd	0.000	0.000	0.002	0.000	0.009	0.004	0.000	0.000	0.003	0.000	0.002	0.000	0.000	0.003	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000	
Fe	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.005	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.005	
Cu	0.000	0.000	0.001	0.000	0.005	0.004	0.002	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.002	0.002	0.002	0.000	0.002	0.000	0.000	0.018	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.005	
Ni	0.001	0.002	0.000	0.001	0.001	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.009	
Co	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.003	0.001	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	
Total	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Formule structurale

Osmium et Iridium du manteau et des cumulats. Alliages de Ni-Ru dans le manteau.

Formule structurale

Arsénitures, sulfoarsénitures et tellures des éléments du groupe du platine des chromittes cumulatives

Formule structurale

Sulfures de métaux de base.

[illegible]

TABLEAU II-16

Chromites cumulatives autour des MGP.

Echantl.	M78/4	M78/12	M78/14	M78p/1	33A/2	35A/6	35A/5	B5/1	B5/6	B6/1	B8/3	B6/1	59	60	1	2	6	7	12	58A/13	58A/6	58A/9	58A/13
N°d'anal.	10	26	34	46	61	38	41	51	55	58	89	59	59	60	1	2	6	7	12	58A/13	58A/6	58A/9	58A/13
SiO2	0,01	0,00	0,00	0,07	0,03	0,01	0,00	0,00	0,10	0,00	0,02	0,17	0,17	0,00	0,03	0,00	0,17	0,19	0,31	0,03	0,00	0,00	0,00
TiO2	0,22	0,05	0,09	0,15	0,06	0,10	0,13	0,12	0,08	0,16	0,14	0,16	0,16	0,06	0,17	0,08	0,12	0,14	0,07	0,14	0,10	0,10	0,00
Cr2O3	57,93	56,17	57,61	55,68	62,33	61,00	61,32	57,21	56,54	57,98	51,48	57,67	61,97	58,15	57,65	57,65	56,02	57,56	56,89	58,89	57,57	57,00	57,00
Al2O3	8,15	8,70	7,56	8,82	7,04	8,87	8,18	6,77	6,92	10,91	8,49	10,68	7,07	7,09	7,09	7,26	7,41	6,74	7,17	7,04	7,41	7,70	7,70
Fe2O3	5,52	6,93	6,19	6,59	3,96	2,56	3,02	6,92	7,21	3,79	10,05	4,27	3,49	5,91	5,91	5,84	6,82	5,68	6,82	6,53	6,03	6,00	6,00
FeO	19,62	18,81	18,67	19,29	16,23	17,81	16,50	18,81	18,62	13,00	20,04	12,82	16,13	16,13	19,62	19,12	19,49	19,89	19,02	19,29	19,06	19,00	19,00
MnO	0,29	0,37	0,28	0,40	0,30	0,29	0,28	0,40	0,45	0,34	0,19	0,26	0,19	0,19	0,21	0,19	0,44	0,15	0,35	2,70	0,29	0,00	0,00
MgO	9,02	9,37	9,28	9,02	11,10	10,28	10,98	8,93	8,92	13,32	8,34	13,42	11,00	11,00	8,76	8,87	8,45	8,26	8,84	9,22	8,97	8,00	8,00
CaO	0,00	0,04	0,00	0,00	0,06	0,02	0,02	0,00	0,20	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,03	0,05	0,00	0,09	0,00	0,01	0,00	0,00	
NiO	0,01	0,01	0,08	0,00	0,11	0,05	0,00	0,00	0,04	0,12	0,02	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,08	0,04	0,05	0,06	0,00	0,00	
Na2O	0,06	0,00	0,02	0,04	0,06	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,04	0,05	0,00	0,01	0,00	
K2O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	
V2O5	0,48	0,44	0,46	0,60	0,10	0,29	0,21	0,21	0,17	0,03	0,34	0,15	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Total	101,31	100,88	100,24	100,66	101,36	101,31	100,63	99,39	99,28	99,66	99,21	99,60	100,00	100,00	99,98	99,06	99,06	98,76	99,58	101,49	99,44	101,00	101,00
Si	0,003	0,001	0,000	0,018	0,008	0,002	0,000	0,000	0,027	0,000	0,005	0,044	0,000	0,000	0,008	0,000	0,047	0,053	0,085	0,009	0,000	0,000	0,000
Ti	0,043	0,010	0,018	0,030	0,011	0,020	0,026	0,024	0,016	0,031	0,029	0,031	0,011	0,011	0,034	0,016	0,025	0,028	0,014	0,029	0,021	0,030	0,030
Cr	12,147	11,775	12,212	11,701	12,955	12,639	12,762	12,315	12,169	11,855	11,066	11,779	13,050	12,451	12,451	12,429	12,098	12,510	12,192	12,406	12,353	12,000	12,000
Al	2,547	2,719	2,389	2,762	2,182	2,740	2,538	2,172	2,219	3,324	2,722	3,252	2,218	2,262	2,262	2,332	2,386	2,183	2,291	2,210	2,370	2,410	2,410
Fe3+	1,102	1,382	1,249	1,319	0,783	0,506	0,598	1,417	1,476	0,737	2,057	0,831	0,700	1,205	1,205	1,199	1,403	1,175	1,391	1,308	1,232	1,320	1,320
Fe2+	4,352	4,171	4,188	4,287	3,568	3,904	3,633	4,284	4,239	2,813	4,558	2,770	3,594	4,443	4,443	4,361	4,452	4,574	4,312	4,299	4,325	4,400	4,400
Mn	0,066	0,083	0,064	0,089	0,067	0,065	0,062	0,093	0,105	0,074	0,045	0,057	0,044	0,044	0,049	0,044	0,102	0,034	0,081	0,062	0,067	0,120	0,120
Mg	3,567	3,704	3,710	3,575	4,348	4,014	4,308	3,622	3,621	5,134	3,378	5,165	4,369	4,369	3,535	3,607	3,441	3,383	3,572	3,660	3,628	3,500	3,500
Ca	0,000	0,011	0,000	0,000	0,016	0,006	0,004	0,000	0,059	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,009	0,014	0,000	0,025	0,000	0,002	0,000	0,000	
Ni	0,001	0,002	0,016	0,000	0,023	0,011	0,000	0,000	0,010	0,025	0,004	0,000	0,019	0,000	0,000	0,000	0,017	0,009	0,011	0,013	0,000	0,000	
Na	0,031	0,000	0,010	0,023	0,029	0,000	0,000	0,000	0,008	0,000	0,031	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,024	0,019	0,027	0,000	0,005	0,000	
K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,007	0,001	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	
V	0,084	0,078	0,082	0,106	0,018	0,050	0,037	0,037	0,031	0,005	0,062	0,025	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Total	23,943	23,933	23,937	23,911	24,007	23,960	23,967	23,970	23,980	24,006	23,965	23,954	24,003	24,003	23,998	24,002	23,994	23,992	23,976	23,999	24,002	24,000	24,000
FM	59,40	66,10	59,70	61,40	50,40	52,70	49,90	61,50	61,60	41,40	66,40	41,50	49,80	49,80	61,71	60,84	63,39	63,09	61,82	60,77	60,79	62,00	62,00

TABLEAU II-16 : (SUITE)

Chromites cumulatives autour des MGP.

Echantil.	59A/3	59A/3	60A/6	60A/6	60A/6	60A/5	60A/5	60A/5	60A/16	69A1	69A4	69A8	69A7a	69A7a	89A/2	89A/2	89A/3	90A/8	90A/9	90A/10	90A/10	90A/4	90A/8
N°d'anal.	22	21	23	24	25	26	27	35	3	11	12	8	9	47	48	52	66	55	59	60	63	64	
SiO2	0,16	0,20	0,00	0,02	0,09	0,03	0,02	0,04	0,04	0,04	0,06	0,08	0,07	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
TiO2	0,07	0,05	0,24	0,37	0,31	0,03	0,11	0,29	0,16	0,14	0,15	0,18	0,17	0,32	0,38	0,13	0,19	0,15	0,19	0,16	0,13	0,21	
Cr2O3	57,62	57,63	46,78	46,40	46,95	57,08	57,28	48,85	58,69	58,07	56,46	57,31	57,37	48,18	48,43	53,47	52,66	54,71	53,27	53,64	53,13	52,80	
Al2O3	7,01	7,24	15,59	15,20	15,66	6,57	6,78	13,42	8,42	8,80	9,32	9,09	9,07	12,75	12,46	9,07	10,62	10,00	9,88	10,06	10,26	10,55	
Fe2O3	5,94	5,60	7,70	8,07	7,91	6,87	6,78	7,63	4,45	4,32	4,60	5,01	5,63	7,66	6,62	6,93	6,54	6,65	6,17	6,34	6,90	6,11	
FeO	18,05	18,09	19,36	19,48	19,80	19,62	20,36	20,51	19,52	18,69	19,61	19,17	19,43	20,85	20,71	21,63	19,63	20,05	20,25	19,60	19,40	19,93	
MnO	0,38	0,21	0,19	0,27	0,40	0,55	0,45	0,39	0,22	0,25	0,36	0,27	0,28	0,29	0,32	0,30	0,39	0,25	0,07	0,45	0,53	0,42	
MgO	9,28	9,35	9,79	9,64	9,62	8,19	8,02	8,75	9,11	9,48	8,76	9,33	9,34	8,21	8,03	7,35	8,76	8,90	8,37	8,71	8,83	8,51	
CaO	0,03	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	0,00	0,02	0,10	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	
NiO	0,01	0,00	0,04	0,07	0,15	0,09	0,10	0,11	0,19	0,08	0,06	0,13	0,04	0,08	0,04	0,06	0,04	0,04	0,16	0,09	0,10	0,14	
Na2O	0,04	0,03	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,07	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,01	0,06	0,05	0,02	
K2O	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,04	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,04	0,01	
Total	98,64	98,46	99,69	99,51	100,96	99,07	99,92	100,09	100,81	99,90	99,41	100,69	101,45	98,39	96,99	98,99	98,86	100,76	98,40	99,13	99,36	98,71	
Si	0,044	0,055	0,000	0,006	0,024	0,008	0,005	0,011	0,012	0,012	0,017	0,021	0,018	0,004	0,001	0,006	0,004	0,003	0,005	0,000	0,000	0,000	
Ti	0,015	0,011	0,047	0,072	0,060	0,007	0,023	0,058	0,033	0,028	0,030	0,036	0,034	0,065	0,078	0,027	0,038	0,029	0,038	0,033	0,026	0,043	
Cr	12,435	12,431	9,616	9,579	9,551	12,413	12,360	10,171	12,364	12,277	12,022	12,033	11,964	10,257	10,463	11,574	11,217	11,477	11,465	11,433	11,284	11,288	
Al	2,255	2,329	4,777	4,677	4,748	2,128	2,182	4,167	2,645	2,775	2,958	2,844	2,819	4,046	4,014	2,927	3,371	3,127	3,169	3,195	3,249	3,364	
Fe3+	1,221	1,150	1,507	1,585	1,532	1,423	1,393	1,512	0,893	0,870	0,932	1,001	1,117	1,552	1,362	1,427	1,327	1,328	1,264	1,286	1,395	1,243	
Fe2+	4,121	4,127	4,209	4,254	4,261	4,512	4,647	4,517	4,350	4,180	4,418	4,256	4,285	4,695	4,732	4,952	4,423	4,448	4,611	4,419	4,360	4,508	
Mn	0,088	0,047	0,043	0,059	0,087	0,128	0,104	0,088	0,050	0,056	0,083	0,060	0,062	0,067	0,074	0,069	0,089	0,056	0,016	0,103	0,121	0,096	
Mg	3,777	3,802	3,793	3,752	3,687	3,356	3,261	3,435	3,617	3,780	3,517	3,693	3,671	3,295	3,269	2,997	3,520	3,521	3,398	3,501	3,534	3,430	
Ca	0,007	0,018	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,008	0,000	0,000	0,005	0,028	0,018	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	
Ni	0,003	0,000	0,008	0,015	0,031	0,021	0,022	0,024	0,042	0,017	0,013	0,028	0,008	0,017	0,009	0,013	0,009	0,010	0,036	0,020	0,021	0,031	
Na	0,020	0,015	0,000	0,000	0,034	0,000	0,000	0,034	0,000	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,003	0,032	0,024	0,010	
K	0,014	0,000	0,000	0,000	0,000	0,015	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,000	0,012	0,000	0,000	0,006	0,000	0,005	0,000	0,015	0,003	
Total	24,000	23,985	24,001	23,999	24,015	24,009	24,003	24,023	24,003	24,001	23,995	24,008	23,996	24,009	24,001	24,010	24,002	23,999	24,010	24,025	24,028	24,014	
FM	58,98	58,35	60,29	61,12	61,46	64,37	65,32	64,04	59,40	57,46	60,70	59,01	59,82	65,71	65,36	68,27	62,39	0,6236	63,42	62,39	62,44	63,03	

TABLEAU II-16 : (SUITE)

Chromites cumulatives autour des MGP.

Echantil.	92A/5	96A/3	96A/3	96A/3	c90/8	c90/8	48	49	71	72	69	57	66	16	17	22	23	24	27	33	34	31	157A9	158Ap1	158Ap2
N°d'anal.	71	118	119	120	48	49	71	72	69	57	66	16	17	22	23	24	27	33	34	31	53	55			
SiO2	0,04	0,00	0,00	0,00	0,09	0,04	0,13	0,08	0,10	0,09	0,06	0,03	0	0,34	0,29	0,26	0,29	0,18	0,13	0,03	0,04	0,06			
TiO2	0,10	0,19	0,14	0,18	0,16	0,24	0,16	0,14	0,06	0,11	0,09	0,16	0,16	0,12	0,11	0,24	0,23	0,21	0,26	0,29	0,12	0,14			
Cr2O3	55,42	53,94	55,82	54,85	56,81	56,75	60,61	60,24	63,49	62,92	61,61	56,40	57,39	58,08	57,81	53,52	50,67	53,68	52,27	53,61	57,24	57,24			
Al2O3	8,10	9,37	8,80	8,87	12,94	13,00	10,07	10,25	7,00	6,88	8,47	7,75	7,73	11,49	11,18	9,20	9,05	9,18	10,04	9,46	7,49	7,50			
Fe2O3	6,61	8,15	7,58	6,23	1,55	1,72	1,92	2,12	3,09	3,42	1,77	6,90	6,05	2,26	2,75	8,04	9,11	7,24	7,87	8,01	6,39	6,23			
FeO	20,39	19,10	19,31	18,75	14,12	14,12	14,45	14,31	16,65	16,26	15,73	20,51	20,07	18,13	18,67	21,65	21,90	20,79	20,85	21,95	19,40	19,82			
MnO	0,52	0,43	0,37	0,35	0,25	0,25	0,24	0,23	0,19	0,28	0,12	0,23	0,31	0,29	0,30	0,24	0,42	0,38	0,33	0,33	0,21	0,22			
MgO	7,93	9,29	9,29	9,09	12,67	12,80	12,45	12,55	10,99	11,10	11,32	8,29	8,54	10,30	9,90	7,82	7,03	8,03	8,19	7,77	8,87	8,62			
CaO	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,02	0,03	0,00	0,08	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,03	0,00			
NiO	0,00	0,00	0,00	0,02	0,10	0,10	0,02	0,06	0,17	0,06	0,17	0,05	0,19	0,08	0,00	0,09	0,00	0,07	0,04	0,10	0,12	0,04			
Na2O	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
K2O	0,00	0,00	0,03	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00			
Total	99,12	100,53	101,37	98,35	98,69	99,07	100,05	100,02	101,77	101,11	99,42	100,36	100,47	101,11	101,01	101,06	98,71	99,75	100,12	101,58	99,92	99,88			
Si	0,012	0,000	0,011	0,001	0,024	0,011	0,035	0,021	0,026	0,023	0,016	0,008	0,000	0,087	0,076	0,069	0,080	0,050	0,035	0,009	0,010	0,017			
Ti	0,021	0,038	0,027	0,037	0,032	0,047	0,031	0,028	0,011	0,022	0,017	0,032	0,033	0,023	0,021	0,048	0,048	0,042	0,052	0,058	0,025	0,029			
Cr	11,977	11,347	11,679	11,801	11,646	11,587	12,444	12,363	13,156	13,111	12,920	12,045	12,226	11,903	11,910	11,308	11,008	11,463	11,077	11,287	12,233	12,256			
Al	2,608	2,939	2,744	2,846	3,953	3,957	3,081	3,135	2,163	2,138	2,647	2,469	2,456	3,511	3,433	2,898	2,932	2,923	3,173	2,968	2,388	2,393			
Fe3+	1,359	1,632	1,509	1,275	0,302	0,335	0,375	0,414	0,610	0,679	0,352	1,403	1,226	0,441	0,538	1,616	1,883	1,471	1,588	1,605	1,300	1,270			
Fe2+	4,662	4,251	4,274	4,268	3,063	3,050	3,139	3,106	3,649	3,584	3,490	4,633	4,521	3,931	4,068	4,840	5,033	4,695	4,674	4,887	4,387	4,490			
Mn	0,120	0,098	0,083	0,080	0,054	0,055	0,053	0,051	0,043	0,061	0,028	0,052	0,070	0,063	0,067	0,054	0,097	0,087	0,075	0,074	0,048	0,051			
Mg	3,231	3,685	3,663	3,687	4,897	4,928	4,821	4,855	4,295	4,362	4,476	3,338	3,429	3,981	3,847	3,114	2,878	3,231	3,273	3,086	3,576	3,478			
Ca	0,003	0,006	0,000	0,000	0,000	0,009	0,000	0,005	0,008	0,000	0,024	0,000	0,006	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,038	0,000	0,009	0,000			
Ni	0,001	0,000	0,000	0,004	0,020	0,021	0,004	0,013	0,036	0,013	0,035	0,011	0,041	0,016	0,000	0,020	0,000	0,014	0,008	0,022	0,025	0,008			
Na	0,001	0,015	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,000	0,000	0,001	0,009	0,004	0,000	0,000	0,004	0,000	0,002	0,001	0,000	0,001	0,000			
K	0,000	0,000	0,011	0,005	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,004	0,000			
Total	23,995	24,009	24,000	24,002	23,991	24,002	23,982	23,997	23,996	23,990	24,006	24,009	24,013	23,964	23,960	23,972	23,959	23,979	23,994	24,005	24,005	23,992			
FM	65,53	61,87	61,55	60,40	41,11	41,1	42,53	42,39	50,04	49,78	46,37	64,58	62,92	52,70	54,85	67,65	70,91	65,93	65,95	68,03	61,59	62,56			

TABLEAU II-17 :

Chromites mantelliques autour des MGP.

Echantil.	84A/1	84A/1	24A/1	24A/1	19/3	27A/8	27A/8	46A/8	39A/1	19/3	169/2	169/2	26N2	26N2	26N2	142A2	134A5	134A5	26N1	153A3	43A/1
N°d'anal.	36	44	62	63	64	73	74	79	81	65	66	67	20	21	45	60	61	68	43	84	
SiO2	0,03	0,12	0,18	0,03	0,00	0,34	0,23	0,38	0,30	0,00	0,00	0,15	0,11	0,22	0,37	0,14	0,05	0,02	0,01	0,00	
TiO2	0,11	0,15	0,08	0,12	0,20	0,06	0,05	0,16	0,08	0,08	0,12	0,07	0,14	0,11	0,06	0,15	0,12	0,13	4,18	0,18	
Cr2O3	58,46	56,87	61,02	61,04	55,36	52,29	52,47	60,99	60,01	55,68	59,33	59,82	58,35	58,76	53,45	61,42	61,74	57,99	27,44	56,75	
Al2O3	11,76	12,04	10,79	10,10	14,28	18,41	18,22	9,73	9,80	14,28	11,68	10,53	10,04	10,30	16,47	9,30	9,36	11,36	7,16	12,91	
Fe2O3	2,19	2,84	1,75	2,22	1,20	2,47	1,39	2,70	2,56	1,71	0,68	0,36	3,10	1,95	1,78	2,31	2,21	1,87	26,60	2,26	
FeO	14,81	13,22	12,59	11,68	17,39	12,38	12,35	14,98	15,72	17,63	15,09	18,39	18,22	18,20	15,53	12,59	13,07	19,56	28,61	18,15	
MnO	0,37	0,16	0,05	0,07	0,33	0,00	0,29	0,40	0,27	0,42	0,33	0,30	0,35	0,35	0,28	0,24	0,16	0,28	0,39	0,07	
MgO	12,30	13,21	13,88	14,27	10,88	14,88	14,43	12,23	11,55	10,79	11,99	9,70	9,95	9,85	12,33	13,50	13,33	9,34	4,76	10,68	
CaO	0,00	0,05	0,00	0,03	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	
NiO	0,13	0,07	0,03	0,00	0,04	0,05	0,16	0,04	0,12	0,05	0,01	0,00	0,06	0,09	0,01	0,12	0,02	0,05	0,14	0,02	
Na2O	0,01	0,00	0,02	0,05	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
K2O	0,03	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,01	
V2O5	nd	nd	0,05	0,19	0,09	0,35	0,29	0,12	0,16	0,42	0,15	0,26	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,13	
Total	100,19	98,75	100,43	99,81	99,83	101,25	99,94	101,75	100,57	101,08	99,38	99,59	100,32	99,85	100,31	99,79	100,07	100,60	99,30	101,15	
Si	0,007	0,030	0,045	0,008	0,000	0,083	0,056	0,098	0,078	0,000	0,000	0,039	0,029	0,057	0,093	0,036	0,014	0,005	0,003	0,000	
Ti	0,021	0,020	0,016	0,024	0,038	0,011	0,010	0,031	0,016	0,015	0,024	0,014	0,029	0,021	0,011	0,030	0,022	0,025	0,889	0,034	
Cr	11,930	11,600	12,323	12,405	11,311	10,076	10,268	12,350	12,337	11,246	12,205	12,518	12,170	12,289	10,649	12,597	12,648	12,050	6,143	11,548	
Al	3,577	3,670	3,247	3,058	4,348	5,288	5,316	2,937	3,005	4,299	3,581	3,284	3,122	3,209	4,893	2,842	2,859	3,518	2,388	3,916	
Fe3+	0,425	0,550	0,336	0,430	0,234	0,454	0,260	0,521	0,502	0,328	0,132	0,072	0,616	0,389	0,337	0,451	0,431	0,370	5,669	0,437	
Fe2+	3,196	2,860	2,688	2,511	3,758	2,524	2,556	3,209	3,418	3,766	3,283	4,070	4,020	4,026	3,272	2,732	2,832	4,299	6,777	4,096	
Mn	0,080	0,030	0,012	0,016	0,072	0,001	0,061	0,087	0,059	0,091	0,073	0,068	0,079	0,078	0,059	0,053	0,036	0,062	0,093	0,016	
Mg	4,733	5,100	5,284	5,467	4,191	5,406	5,324	4,670	4,475	4,110	4,650	3,828	3,913	3,882	4,630	5,220	5,146	3,659	2,010	3,906	
Ca	0,000	0,010	0,000	0,007	0,016	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	
Ni	0,028	0,010	0,006	0,000	0,009	0,011	0,031	0,008	0,025	0,010	0,001	0,000	0,012	0,020	0,002	0,025	0,003	0,010	0,031	0,003	
Na	0,003	0,000	0,012	0,024	0,000	0,000	0,008	0,000	0,001	0,008	0,000	0,004	0,000	0,006	0,016	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	
K	0,012	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,009	0,004	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,003	0,000	0,001	0,006	0,003	
V	nd	nd	0,008	0,033	0,015	0,057	0,048	0,020	0,028	0,071	0,026	0,046	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,023	
Total	24,011	23,900	23,978	23,983	23,993	23,910	23,947	23,936	23,942	23,944	23,976	23,942	23,987	23,980	23,963	23,990	23,993	24,000	24,009	23,982	
FM	43,88	40,00	36,50	35,10	49,20	35,50	35,10	45,00	47,10	50,50	42,90	52,40	54,64	53,64	44,21	38,27	39,06	56,38	86,18	51,60	

TABLEAU II-18 :

Pyroxènes autour des MGP.

Orthopyroxènes autour des P.G.M.														Clinopyroxènes autour des P.G.M.													
Echantil 58A/14 58A/13 58A/13 59A/8 M78/5 M78/5 M78/5 M78/2 M78/12														60A/16 60A/16 58A/11 58A/11 M78/5 M78/5 M78/9 M78/9 69A7a 69A7a 69A8 157A7 157A7													
N°d'anal	9	15	17	113	3	4	5	15	27	33	34	107	108	1	2	19	22	6	7	13	35	35	36				
SiO2	56,21	56,80	56,24	51,73	57,63	57,53	57,18	50,06	56,58	52,29	52,35	55,87	54,99	54,03	54,64	53,69	54,50	55,07	54,85	55,18	54,76	54,44					
TiO2	0,02	0,00	0,04	0,00	0,01	0,05	0,03	0,03	0,00	0,01	0,07	0,07	0,07	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,02					
Cr2O3	0,34	0,94	0,68	3,81	0,25	0,23	0,29	6,19	0,62	0,67	0,60	0,31	0,56	0,39	0,40	0,69	0,71	0,70	0,76	0,62	0,60	0,53					
Al2O3	0,37	0,40	0,41	0,41	0,49	0,67	0,48	1,16	0,35	1,01	1,04	0,13	0,60	0,59	0,70	0,60	0,56	0,74	0,72	0,70	0,63	0,65					
FeO	6,01	5,77	6,56	4,41	7,17	6,35	7,43	6,12	6,21	2,72	2,78	2,06	1,50	2,62	2,48	2,55	2,19	2,87	2,70	2,97	2,44	2,64					
MnO	0,18	0,03	0,16	0,36	0,10	0,25	0,29	0,22	0,24	0,08	0,11	0,19	0,00	0,03	0,16	0,08	0,04	0,12	0,09	0,05	0,08	0,07					
MgO	34,92	34,83	33,79	32,07	34,16	34,01	34,12	29,10	35,73	17,53	17,77	20,18	20,92	17,78	18,02	18,51	18,28	18,05	18,59	17,96	17,51	17,51					
CaO	0,57	0,98	0,78	1,30	0,61	0,50	0,71	1,23	0,70	23,89	24,19	20,12	19,68	23,95	23,87	23,32	23,53	24,08	23,25	24,16	24,33	24,25					
NiO	0,08	0,07	0,04	0,00	0,11	0,20	0,00	0,06	0,07	0,02	0,02	0,07	0,06	0,06	0,01	0,00	0,00	0,03	0,13	0,05	0,00	0,00					
Na2O	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,05	0,00	0,08	0,02	0,02	0,04	0,11	0,14	0,16	0,10	0,09	0,10	0,10	0,08	0,09					
K2O	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,03	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,00					
Total	98,72	99,82	98,70	94,22	100,55	99,82	100,56	94,25	100,50	98,31	98,97	99,04	98,42	99,63	100,43	99,63	99,92	101,76	101,25	101,82	100,43	100,21					
Si	1,967	1,967	1,974	1,916	1,985	1,989	1,975	1,881	1,951	1,944	1,936	2,019	1,994	1,975	1,977	1,962	1,979	1,971	1,969	1,974	1,983	1,978					
Ti	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,002	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001					
Cr	0,009	0,026	0,019	0,112	0,007	0,006	0,008	0,184	0,017	0,020	0,018	0,009	0,016	0,011	0,011	0,020	0,020	0,020	0,022	0,018	0,017	0,015					
Al	0,015	0,016	0,017	0,018	0,020	0,027	0,020	0,051	0,014	0,044	0,046	0,006	0,026	0,026	0,030	0,026	0,024	0,031	0,031	0,030	0,027	0,028					
Fe	0,176	0,167	0,193	0,137	0,207	0,184	0,215	0,192	0,179	0,085	0,086	0,062	0,046	0,080	0,075	0,078	0,067	0,086	0,081	0,089	0,074	0,080					
Mn	0,005	0,001	0,005	0,011	0,003	0,007	0,009	0,007	0,007	0,003	0,003	0,006	0,000	0,001	0,005	0,003	0,001	0,004	0,003	0,002	0,002	0,002					
Mg	1,822	1,797	1,768	1,770	1,754	1,753	1,757	1,630	1,837	0,971	0,980	1,087	1,131	0,969	0,972	1,008	0,989	0,963	0,995	0,958	0,945	0,948					
Ca	0,021	0,037	0,029	0,052	0,022	0,019	0,026	0,050	0,026	0,952	0,959	0,779	0,765	0,938	0,926	0,913	0,915	0,924	0,894	0,926	0,944	0,944					
Ni	0,002	0,002	0,001	0,003	0,003	0,006	0,000	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,000	0,000	0,000	0,001	0,004	0,002	0,000	0,000					
Na	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,004	0,000	0,006	0,002	0,001	0,003	0,008	0,010	0,012	0,007	0,006	0,007	0,007	0,005	0,006					
K	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,002	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000					
Total	4,020	4,012	4,007	4,019	4,001	3,993	4,011	4,003	4,033	4,026	4,031	3,973	3,984	4,011	4,007	4,022	4,003	4,006	4,007	4,006	3,998	4,003					
FM	9,04	8,55	10,04	7,70	10,70	9,80	11,30	10,90	9,20	8,25	8,35	5,89	3,86	7,70	7,60	7,40	6,40	8,51	7,76	8,63	7,48	8,00					
Wo	1,06	1,82	1,46	2,62	1,10	0,90	1,30	2,60	1,30	47,34	47,28	40,29	39,39	47,20	46,80	45,60	46,40	46,73	45,33	46,91	48,03	47,80					
En	90,00	89,78	88,65	89,88	88,30	89,30	87,60	86,80	89,70	48,32	48,32	56,19	58,27	48,70	49,20	50,40	50,20	48,73	50,42	48,51	48,08	48,02					
Fs	8,94	8,39	9,89	7,50	10,60	9,70	11,10	10,60	9,10	4,35	4,40	3,52	2,34	4,10	4,00	4,00	3,40	4,54	4,24	4,58	3,89	4,18					

Amphiboles et chlorites autour des MP

Amphiboles autour des MGP										Chlorites autour des MGP.							
Echantil.	58A/12	58A/12	90A/9	90A/9	90A/9	35A/6	35A/6	35A/6		Echantil.	34A/4	27A/8	27A/8	46A/8	46A/8	46A/8	
N°d'anal.	3	4	57	58	36	37				N°d'anal.	68	71	72	75	76	77	
SiO2	54,22	52,89	48,81	51,77	56,75	57,31				SiO2	37,49	35,91	37,61	38,67	31,85	35,82	
TiO2	0,00	0,00	0,08	0,01	0,10	0,00				TiO2	0,08	0,04	0,00	0,02	0,01	0,00	
Cr2O3	0,66	0,26	1,92	1,60	0,72	0,64				Al2O3	5,75	6,06	5,37	6,35	15,13	7,47	
Al2O3	0,30	0,24	1,11	1,47	0,64	0,55				Cr2O3	3,32	3,26	2,53	2,79	3,14	3,28	
FeO	3,38	3,89	4,96	4,08	1,48	1,31				FeO	2,06	1,42	1,50	1,94	0,83	1,46	
MnO	0,05	0,12	0,27	0,02	0,00	0,11				MnO	0,15	0,07	0,02	0,00	0,11	0,04	
MgO	23,11	27,71	29,24	28,02	24,99	24,61				MgO	32,13	38,62	39,19	28,93	34,26	36,38	
CaO	13,84	9,83	5,91	8,06	12,49	12,71				CaO	3,39	0,03	0,02	0,10	0,00	0,03	
NiO	0,06	0,03	0,08	0,06	0,17	0,13				NiO	0,03	0,00	0,02	2,21	0,13	0,04	
Na2O	0,00	0,03	0,02	0,23	0,06	0,11				Na2O	0,19	0,04	0,06	0,38	0,27	0,06	
K2O	0,03	0,01	0,00	0,00	0,03	0,00				K2O	0,07	0,02	0,01	0,08	0,00	0,00	
V2O5	nd	nd	nd	nd	0,11	0,18				V2O5	0,00	0,06	0,06	0,00	0,00	0,11	
H2O	2,11	2,11	2,04	2,11	2,19	2,20				H2O	12,23	12,46	12,64	11,90	12,54	12,38	
Total	97,77	97,12	94,56	97,43	99,72	99,86				Total	96,89	97,99	99,02	93,37	98,30	97,07	
Si	7,700	7,520	7,175	7,343	7,773	7,828				Si	7,351	6,913	7,135	7,793	6,091	1,735	
Ti	0,000	0,000	0,008	0,001	0,005	0,000				Ti	0,011	0,006	0,000	0,002	0,001	0,000	
Cr	0,074	0,030	0,223	0,180	0,016	0,029				Cr	0,515	0,496	0,379	0,445	0,475	0,125	
Al-IV	0,050	0,040	0,192	0,246	0,169	0,150				Al-IV	0,649	1,087	0,855	0,207	1,909	0,426	
Al-VI	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				Al-VI	0,680	0,288	0,336	1,302	1,502	0,000	
Fe	0,402	0,462	0,610	0,484	0,116	0,103				Fe	0,337	0,229	0,238	0,327	0,134	0,059	
Mn	0,006	0,014	0,033	0,002	0,000	0,012				Mn	0,024	0,012	0,003	0,000	0,019	0,002	
Mg	4,892	5,871	6,406	5,924	5,101	5,010				Mg	9,388	1,082	1,082	8,688	9,766	2,627	
Ca	2,105	1,498	0,931	1,225	1,833	1,860				Ca	0,712	0,006	0,003	0,022	0,000	0,002	
Ni	0,006	0,003	0,009	0,007	0,018	0,014				Ni	0,005	0,000	0,003	0,358	0,020	0,002	
Na	0,000	0,009	0,043	0,064	0,069	0,059				Na	0,074	0,014	0,023	0,150	0,101	0,006	
K	0,006	0,003	0,000	0,000	0,010	0,016				K	0,018	0,004	0,003	0,020	0,000	0,000	
V	nd	nd	nd	nd	0,010	0,000				V	0,000	0,007	0,007	0,000	0,000	0,004	
Total	15,241	15,450	15,631	15,475	15,120	15,082				Total	19,764	10,144	10,077	19,314	20,018	4,988	
OH	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00				OH	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	
FM	7,69	7,51	9,13	7,58	3,20	3,10				FM	3,70	2,10	2,10	3,60	1,50	2,30	